



**Escola Nacional  
de Saúde Pública**

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

# **IMPACTO NA SAÚDE PÚBLICA DA TERAPÊUTICA COM IODO-131 NAS DOENÇAS DA TIROIDE**

**AVALIAÇÃO DOSIMÉTRICA DA EXPOSIÇÃO A IODO-131, NOS FAMILIARES E  
CUIDADORES DOS DOENTES SUBMETIDOS A TERAPÊUTICA DA TIROIDE**

Doutoramento em Saúde Pública

Especialidade Saúde Ambiental e Ocupacional

**Maria João Furtado Raminhas Carapinha**

**Julho 2018**





**Escola Nacional  
de Saúde Pública**

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

# **IMPACTO NA SAÚDE PÚBLICA DA TERAPÊUTICA COM IODO- 131 NAS DOENÇAS DA TIROIDE**

**AVALIAÇÃO DOSIMÉTRICA DA EXPOSIÇÃO A IODO-131, NOS FAMILIARES E  
CUIDADORES DOS DOENTES SUBMETIDOS A TERAPÊUTICA DA TIROIDE**

Tese apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Saúde Pública na área científica Saúde Ambiental e Ocupacional, realizada sob a orientação científica do Doutor António Manuel Barata Tavares

**Julho 2018**





## **Júri**

<b>Presidente</b>	Doutora Carla do Rosário Delgado Nunes Serpa
<b>Arguentes</b>	Doutora Maria João Guerreiro Bugalho
	Doutor Pedro Miguel Dinis de Almeida
	Doutor Mário Rui Guerreiro Mascarenhas
<b>Vogais</b>	Doutor António Manuel Barata Tavares
	Doutor Florentino Manuel dos Santos Serranheira
	Doutora Alexandra Canena Ribeiro Suspiro



Apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do PROTEC – Programa de apoio à formação avançada de docentes do Ensino Superior Politécnico.





*À Inês e ao Tiago*



## Agradecimentos

---

Gostaria de poder dirigir um agradecimento mais personalizado a todos os que, direta ou indiretamente, trouxeram um contributo positivo para a realização desta tese. Na impossibilidade natural de o fazer a todos, condiciono-me a fazê-lo aos que mais de perto me acompanharam.

Ao Prof. Doutor António Barata Tavares, orientador e companheiro nesta grande caminhada. Um agradecimento muito especial pela, orientação científica, conhecimento, estímulo, saber, permanente disponibilidade e confiança que em mim depositou.

Ao Prof. Doutor Pedro Vaz, um especial agradecimento pela partilha do seu vasto conhecimento científico em dosimetria e disponibilização de recurso, que permitiram a concretização dos objetivos traçados, tendo sido um companheiro e referencial neste percurso.

Ao Prof. Doutor Florentino Serranheira pelo forte contributo na coorientação deste trabalho.

À Prof.<sup>a</sup> Doutora Carla Nunes agradeço os seus saberes e apoio concedido na análise estatística.

À Dr.<sup>a</sup> Gracinda Costa, Dr.<sup>a</sup> Lucília Salgado, Dr.<sup>a</sup> Teresa Cruz Ferreira, Eng.<sup>o</sup> Jorge Isidoro e Dr.<sup>a</sup> Teresa Rézio que acreditaram no meu projeto, me abriram as portas dos seus serviços de Medicina Nuclear e do seu vasto conhecimento nesta área.

Ao Dr. Rui Ferreira, Dr.<sup>a</sup> Sofia Vaz, Dr.<sup>a</sup> Inês Carvalho e Dr.<sup>a</sup> Mónica Sofia, sempre amáveis, bem-dispostos e magníficos profissionais, agradeço a sua participação ativa neste processo.

Ao Doutor Mário Reis, Eng.<sup>a</sup> Lúcia Silva, Doutora Marta Santos, Doutor Pedro Teles, Eng.<sup>o</sup> Ildefonso Pinto e Dr. João Schiappa, que participaram ativamente na leitura e análise de amostras. À Doutora Otília Gil pelo contributo dos seus saberes e palavras encorajadoras.

À Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do PROTEC – Programa de apoio à formação avançada de docentes do Ensino Superior Politécnico, pelo apoio financeiro.

À Medical Consult, SA pela disponibilização dos seus equipamentos e serviços de dosimetria.

Os meus agradecimentos são também extensivos a todos os Técnicos Superiores de Diagnóstico e Terapêutica, Enfermeiros e Administrativos, que tiveram a amabilidade de, direta ou indiretamente, contribuírem para a realização deste trabalho.

À Lina Vieira, Filipa Lucena, Eva Sousa, Tânia Vaz e Sérgio Figueiredo, grandes amigos e colegas, a minha gratidão pelo seu precioso apoio, contributo, estímulo, mão amiga e ajuda nos momentos de maior dificuldade.

A todos os doentes, familiares e cuidadores que aceitaram participar, em prol da investigação. Sem vocês isto não seria possível.

Para terminar um especial agradecimento à minha família, porque é com eles que lado a lado tenho conseguido fazer este meu percurso. Aos meus pais que muito me apoiam e incentivam. Ao meu esposo e filhos por me apoiarem e abraçarem, apesar dos grandes momentos de ausência ou presença camuflada entre papéis. O meu reconhecimento a todos por saber que apesar de tudo sempre os tenho a meu lado.



## Resumo

---

Os familiares/cuidadores dos doentes que realizaram terapêutica da tiroide com  $^{131}\text{I}$  estão sujeitos a três potenciais tipos de exposição a radiações ionizantes: exposição externa, contaminação interna pela ingestão ou absorção do  $^{131}\text{I}$  e contaminação interna por inalação de  $^{131}\text{I}$  volatilizado no ar. O objetivo deste estudo é avaliar a exposição interna e externa a  $^{131}\text{I}$  dos familiares/cuidadores, que coabitam com doentes submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$ , para hipertireoidismo (Hiper) ou Carcinoma Diferenciado da Tiroide (CDT). O contributo inovador deste estudo assenta na avaliação da dose de exposição e da contaminação internas dos familiares/cuidadores a  $^{131}\text{I}$ , paralelamente à dose de exposição externa.

**Metodologia:** Estudo analítico transversal em duas instituições de saúde, cuja amostra por conveniência incluiu 68 doentes submetidos a terapêutica para Hiper ou CDT e 113 indivíduos seus familiares/cuidadores. Mediram-se as grandezas dosimétricas  $H_p(10)$  e  $H_p(0,07)$  em 83 familiares/cuidadores, com dosímetros TLD durante 21 dias. Mediu-se por espectrometria gama a concentração de atividade de  $^{131}\text{I}$  na urina de 34 familiares/cuidadores, após 72 horas de contacto com o doente.

**Resultados:** A atividade média administrada de  $^{131}\text{I}$  foi de  $2730,8 \pm 1603,2$  MBq e o débito de dose efetiva (DDE) médio medido a 1 metro foi  $12,8 \pm 7,6$   $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ . O valor de  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  médio nos familiares/cuidadores foi de  $0,19 \pm 0,46$  mSv e o valor de  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$  foi de  $0,18 \pm 0,45$  mSv. Existe evidência de que a distribuição do  $H_p(10)$  não é a mesma entre as categorias da atividade de  $^{131}\text{I}$  ( $\chi^2_{(4)} = 296,86$ ;  $p < 0,01$ ) nem do DDE ( $\chi^2_{(4)} = 14,90$ ;  $p < 0,01$ ). Dos 34 familiares/cuidadores apenas em 3 não se detetou  $^{131}\text{I}$  na urina. A concentração de atividade média de  $^{131}\text{I}$  na urina foi de  $97,43 \pm 261,24$  Bq.L $^{-1}$ . Existe uma forte correlação entre o DDE e o  $^{131}\text{I}$  na urina ( $\rho_{sp} = 0,730$ ;  $p < 0,01$ ).

**Discussão/Conclusões:** Existe exposição interna e externa a  $^{131}\text{I}$  dos familiares/cuidadores dos doentes envolvidos no estudo. Os valores medidos da dose de exposição externa são inferiores aos limites propostos pela ICRP 97 (1998), ICRP 94 (2004) e os regulamentados em Portugal. Os valores medidos da concentração de atividade na urina devido a contaminação interna não representam perigosidade radiológica para os indivíduos expostos.

**Palavras-chave:** Iodo 131; terapêutica da tiroide; proteção e segurança radiológica; dosimetria; radiação ionizante; familiares/cuidadores; dosímetros termoluminescentes; espectrometria gama.



## Abstract

---

Family members (FMs) /caregivers of the patients who experience  $^{131}\text{I}$  thyroid therapy are potentially exposed to three types of radiation exposures: external exposure, internal contamination from ingestion or absorption of  $^{131}\text{I}$ , and internal contamination by  $^{131}\text{I}$  inhalation. This study aimed at evaluating the internal and external exposure to  $^{131}\text{I}$  of FMs/caregivers who live with patients undergoing  $^{131}\text{I}$  therapy for hyperthyroidism (Hyper) and differentiated thyroid carcinoma (DTC). The innovative contribution of this work stems from the assessment of the internal exposure dose and contamination of the FMs/caregivers to  $^{131}\text{I}$ , in parallel to the external exposure dose.

**Methodology:** A cross-sectional analytical study was performed in two health institutions, with a convenience sample comprising 68 patients undergoing therapy for Hyper or DTC and 113 FMs/caregivers. For 21 days, the dosimetric quantities  $H_p(10)$  and  $H_p(0.07)$  were measured in 83 FMs/caregivers using TLD dosimeters. Post 72 hours of patient-contact, the activity concentration of  $^{131}\text{I}$  in the urine of the 34 FMs/caregivers was measured using gamma spectrometry.

**Results:** The mean activity of  $^{131}\text{I}$  administered was  $2730.8 \pm 1603.2$  MBq and the average value of the measured effective dose rate (EDR) measure at 1 meter was  $12.8 \pm 7.6$   $\mu\text{Sv.h}^{-1}$ . The average value of  $H_p(10)_{\text{effective}}$  measured among the FMs/caregivers was  $0.19 \pm 0.46$  mSv and the average value of  $H_p(0.07)_{\text{effective}}$  was  $0.18 \pm 0.45$  mSv. There is evidence that the distribution of  $H_p(10)$  is not the same among the categories of  $^{131}\text{I}$  activity ( $\chi^2_{(4)} = 296,86$ ;  $p < 0.01$ ), neither the EDR one ( $\chi^2_{(4)} = 14,90$ ;  $p < 0.01$ ). Of the 34 FMs/caregivers, for only 3  $^{131}\text{I}$  was not detected in the urine. The mean activity concentration of  $^{131}\text{I}$  in the urine was  $97.43 \pm 261.24$  Bq.L $^{-1}$ . A strong correlation between the EDR and the  $^{131}\text{I}$  in the urine ( $\rho_{sp} = 0.730$ ;  $p < 0.01$ ) was observed.

**Discussion/Conclusions:** FMs/caregivers undergo both internal and external exposure to  $^{131}\text{I}$ . The measured external exposure dose values are below the limits proposed by ICRP 97 (1998), ICRP 94 (2004) and those available in the Portuguese regulations. The measured values of activity concentration in the urine due to internal contamination do not represent a radiological hazard for the exposed individuals.

**Key Words:** Iodine 131; therapy thyroid disease; radiation protection and safety; dosimetry; ionizing radiation; family members / caregivers; TLD dosimeters; gamma spectrometry.



# Índice

---

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XIII</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>XV</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XIX</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS.....</b>	<b>XXV</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>XXX</b>
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS.....</b>	<b>XXXIII</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
Objetivos .....	3
<b>PARTE I – REVISÃO DA LITERATURA / FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 1 - PERTINÊNCIA DO TEMA .....</b>	<b>7</b>
1.1 Pertinência do estudo.....	7
1.2 Problemática da investigação e quadro de análise .....	11
1.3 Contributo para a Saúde Pública – originalidade e carácter inovador do estudo .....	13
<b>CAPÍTULO 2 - RADIAÇÕES IONIZANTES NA SAÚDE .....</b>	<b>15</b>
2.1 Radiobiologia.....	16
2.2 Modelos de risco .....	19
2.3 Risco de exposição a baixa dose de radiação .....	23
2.4 Exposição externa e interna a radiações ionizantes .....	26
2.4.1 Sistemas de leitura das doses de exposição .....	28
2.5 Modelos biocinéticos em dosimetria interna .....	33
2.6 Restrições de dose e limites de dose .....	37
2.7 Exposição a <sup>131</sup> I .....	39

<b>CAPÍTULO 3 - IODO-131 NA TERAPÊUTICA DE DOENÇAS DA TIROIDE .....</b>	<b>41</b>
3.1 Tiroide .....	42
3.1.1 Anatomofisiologia .....	42
3.1.2 Síntese de hormonas tiroideias e metabolismo do iodo .....	43
3.1.3 Epidemiologia e classificação das patologias da tiroide .....	49
3.1.4 Terapêutica com $^{131}\text{I}$ no cancro diferenciado da tiroide e hipertiroidismo ..	60
3.2 Proteção e segurança contra as radiações na terapêutica com Iodo-131 .....	69
3.2.1 Critérios de alta em doentes após terapêutica com $^{131}\text{I}$ .....	70
<b>CAPÍTULO 4 - PARADIGMA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES NA SAÚDE PÚBLICA .....</b>	<b>73</b>
<b>PARTE II – ESTUDO EMPÍRICO .....</b>	<b>75</b>
<b>CAPÍTULO 5 - MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>77</b>
5.1 Tipo de estudo .....	77
5.2 População e amostra .....	77
5.3 Metodologia .....	78
5.3.1 Fase I - Procedimento terapêutico: critérios de internamento e alta hospitalar .....	79
5.3.2 Fase II - Procedimento terapêutico: avaliação da terapêutica .....	82
5.3.3 Fase III - Procedimento terapêutico: restrições do doente após alta hospitalar .....	84
5.3.4 Fase IV - Inquérito .....	87
5.3.5 Fase V - Método de monitorização da exposição externa a $^{131}\text{I}$ do familiar/cuidador .....	89
5.3.6 Fase VI - Método de avaliação da exposição interna a $^{131}\text{I}$ do familiar/cuidador .....	93
5.4 Considerações éticas .....	101
5.5 Definição de variáveis .....	101
5.6 Tratamento estatístico .....	105
5.7 Critérios de inclusão e exclusão .....	107

<b>CAPÍTULO 6 - RESULTADOS .....</b>	<b>109</b>
6.1 Caracterização da amostra geral.....	109
6.2 Doentes.....	110
6.2.1 Caracterização de variáveis dos doentes .....	110
6.2.2 Relação de variáveis clínicas dos doentes .....	119
6.3 Familiares/cuidadores .....	129
6.3.1 Caracterização de variáveis dos familiares/cuidadores.....	129
6.3.2 Análise da exposição externa nos familiares/cuidadores .....	132
6.3.3 Avaliação da exposição interna nos familiares/cuidadores .....	152
6.3.4 Análise combinada da exposição externa e interna nos familiares/cuidadores.....	159
6.4 Síntese das variáveis dependentes e independentes na exposição externa e interna .....	161
<b>PARTE III – DISCUSSÃO DE RESULTADOS E CONCLUSÕES .....</b>	<b>163</b>
<b>CAPÍTULO 7 - DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....</b>	<b>165</b>
<b>CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>177</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>179</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>199</b>





## Índice de figuras

---

Figura 1. Modelo conceptual do risco de exposição a radiações ionizantes por procedimentos de Medicina Nuclear.....	12
Figura 2. Modelo conceptual da exposição a radiações ionizantes de familiares, cuidadores e público, por doentes submetidos a terapêutica com $^{131}\text{I}$ .....	13
Figura 3. Tipos e causas principais de exposição a radiações.....	15
Figura 4. Curvas de sobrevivência de células para alto LET e baixo LET .....	18
Figura 5. Modelo conceptual dose-resposta por excesso da taxa de mortalidade por cancro em função da dose absorvida .....	20
Figura 6. Modelos de risco.....	20
Figura 7. ERR por unidade de dose absorvida (Gy) na incidência do cancro da tireoide no homem e na mulher, em função da idade de exposição segundo o modelo BEIR VII.....	22
Figura 8. Fontes de radiação de fundo a nível mundial.....	24
Figura 9. Dose efetiva coletiva (%) das fontes de radiação geradas pelo Homem em relação à radiação de exposição natural de fundo (50%), na população dos EUA em 2006.....	25
Figura 10. Instrumentos de medida da radiação. Dosímetros termoluminescentes (a) e <i>survey meter</i> (b) .....	28
Figura 11. Monitorização da exposição externa. Os dosímetros medem as doses em profundidades .....	30
Figura 12. Sistema de proteção e operacionalização de medidas de quantidades de dose usado na proteção radiológica .....	31
Figura 13. Metodologia de cálculo da dose efetiva .....	31
Figura 14. Principais quantidades utilizadas no sistema atual de proteção contra radiações, quantificando a exposição em termos de efeitos estocásticos e reações tecidulares (determinísticos) devido a radiação externa e interna..	32
Figura 15. Modelo biocinético apresentado por Riggs (1952) para o Iodo-131 muito utilizado em proteção contra radiação, com os atuais coeficientes de transferência, da ICRP para trabalhadores.....	33

Figura 16. Modelo do Trato Respiratório Humano .....	34
Figura 17. Relação da incorporação de um radionuclídeo e a Dose Efetiva Comprometida.....	35
Figura 18. Modelo biocinético proposto por Leggett (2010) (esq.) com coeficientes de transferências (dta.) de iodeto inorgânico e estimativas de troca de entre os principais compartimentos.....	36
Figura 19. Técnicas de medida do $^{131}\text{I}$ .....	37
Figura 20. Anatomia da tiroide, vista frontal .....	42
Figura 21. Histologia da tiroide .....	43
Figura 22. Mecanismo de síntese das hormonas tiroideias.....	44
Figura 23. Hormonas tiroideias - mecanismo de inibição/produção .....	44
Figura 24. Eixo hipotálamo-hipofisário .....	45
Figura 25. Esquema de decaimento do $^{131}\text{I}$ .....	47
Figura 26. Imagem de varrimento de corpo inteiro com $^{131}\text{I}$ , 24 horas após terapêutica .....	48
Figura 27. Lista de países que integraram a Europa no estudo realizado pela <i>International Agency of Research on Cancer</i> da WHO que estima a incidência, mortalidade e prevalência de cancro em 2018.....	53
Figura 28. Na Europa em 2018 a estimativa da incidência e mortalidade do top dos 20 cancros no homem dos 0-74 anos .....	53
Figura 29. Na Europa em 2018 a estimativa da incidência e mortalidade do top dos 20 cancros na mulher dos 0-74 anos .....	54
Figura 30. Portugal em 2018, a estimativa da incidência e mortalidade do top dos 20 cancros no homem dos 0-74 anos .....	54
Figura 31. Portugal em 2018, a estimativa da incidência e mortalidade do top dos 20 cancros na mulher dos 0-74 anos .....	55
Figura 32. Variação da incidência, mortalidade e prevalência do cancro da tiroide no homem, entre 2012 e 2018 na Europa, União Europeia e Portugal.....	56
Figura 33. Variação da incidência, mortalidade e prevalência do cancro da tiroide na mulher, entre 2012 e 2018 na Europa, União Europeia e Portugal.....	57

Figura 34. Mapa da taxa de incidência, em ambos os sexos, por cancro da tiroide na Europa, 2018.....	58
Figura 35. Mapa da taxa de mortalidade, em ambos os sexos, por cancro da tiroide na Europa, 2018.....	58
Figura 36. Terapêuticas em Medicina Nuclear: estimativa anual de procedimentos (1991-1996).....	59
Figura 37. Captação de $^{131}\text{I}$ por sonda.....	63
Figura 38. Posicionamento do doente para realizar imagem da tiroide com $^{131}\text{I}$ na câmara gama com um colimador pinhol.....	66
Figura 39. Cintigrafia corporal com $^{131}\text{I}$ , imagem de corpo inteiro em anterior (esq.) e posterior (dta.), num doente com metástases do carcinoma folicular da tiroide.....	68
Figura 40. Poder de penetração e blindagem das radiações ionizantes.....	69
Figura 41. Mapa de Portugal continental, com NUTs II e NUTs III.....	77
Figura 42. Plano do estudo nos doentes e familiares/cuidadores.....	79
Figura 43. Capsula de $^{131}\text{I}$ , em contentor de chumbo próprio.....	80
Figura 44. Quarto terapêutico com casa de banho (área controlada).....	82
Figura 45. Medida do débito de dose efetiva a 1 metro de distância.....	82
Figura 46. Survey Meter Victoreen Model 190.....	82
Figura 47. Cintigrafia corporal com $^{131}\text{I}$ : posicionamento do doente (esq.) e aquisição de imagem (dta.).....	83
Figura 48. Cintigrafia corporal com $^{131}\text{I}$ , varrimento de corpo inteiro 7 dias após terapêutica para CDT: protocolo Hosp_A.....	84
Figura 49. Cintigrafia corporal com $^{131}\text{I}$ , varrimento de corpo inteiro 2 dias após terapêutica para CDT: protocolo Hosp_B.....	84
Figura 50. Familiar/cuidador com o dosímetro devidamente colocado.....	89
Figura 51. Dosímetro da Panasonic modelo UD-802A.....	91
Figura 52. Interior do dosímetro da Panasonic modelo UD-802A.....	92
Figura 53. Elementos constituintes do dosímetro da Panasonic modelo UD-802A.....	92

Figura 54. Constituintes do dosímetro da Panasonic modelo UD-802A – vista anterior e posterior dos elementos (E1, E2, E3 e E4).....	92
Figura 55. Frasco de polipropileno vazio (esq.) e com amostra de urina (dta.) .....	94
Figura 56. Esquema da cadeia de medida.....	97
Figura 57. Suporte em <i>perspex</i> .....	98
Figura 58. Frasco com amostra de urina colocada no detetor.....	98
Figura 59. Frasco com amostra de urina no interior da câmara de leitura.....	98
Figura 60. Câmara e sistema de leitura da amostra.....	98
Figura 61. Espectro gama da leitura de uma amostra de urina de um familiar/cuidador, onde se identifica um pico de 364 keV .....	99
Figura 62. Coeficiente de dose do $^{131}\text{I}$ por inalação .....	100
Figura 63. Monitorização: valores previstos por inalação de $^{131}\text{I}$ (Bq por Bq incorporado) .....	100
Figura 64. Coeficiente de correlação de Pearson (r) - força de associação causal entre variáveis .....	107
Figura 65. Caracterização da naturalidade dos doentes (n) por NUTS II e NUTS III .	111
Figura 66. Caracterização da residência dos doentes (n) por NUTS II e NUTS III ....	111
Figura 67. Caracterização de familiares que possam ter ou já tenham tido doença da tireoide e realizaram terapêutica com $^{131}\text{I}$ .....	116
Figura 68. Período de restrição (dias) indicado aos doentes (n) de CDT e hipertireoidismo.....	119
Figura 69. Variação do débito de dose efetiva a 1 metro de distância em função da atividade de $^{131}\text{I}$ administrada aos doentes com Hiper ou CDT. Correlação entre a atividade de $^{131}\text{I}$ administrada ao doente com CDT e o débito de dose efetiva a 1 metro de distância.....	121
Figura 70. Variação do débito de dose efetiva a 1 metro de distância em função do IMC dos doentes com Hiper ou CDT. Correlação entre o IMC do doente com CDT e o débito de dose efetiva a 1 metro de distância.....	121
Figura 71. Variação do débito de dose efetiva em função da atividade de $^{131}\text{I}$ administrada por categorias (grupos A, B, C, D e E) .....	124
Figura 72. Caracterização da complexidade dos doentes (n).....	128

Figura 73. Outras doenças e perturbações dos doentes, codificadas pelas Grandes Categorias Diagnósticas (n) .....	129
Figura 74. $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ nos familiares/cuidadores por classes etárias (idade grupo_10) e por tipo de terapêutica.....	136
Figura 75. $H_p(0,07)_{\text{max}}$ nos familiares/cuidadores por classes etárias (idade grupo_10) e por tipo de terapêutica.....	136
Figura 76. $H_p(10)_{\text{efetivo}}$ nos familiares/cuidadores por classes etárias (idade grupo_10) e por tipo de terapêutica.....	137
Figura 77. $H_p(10)_{\text{max}}$ nos familiares/cuidadores por classes etárias (idade grupo_10) e por tipo de terapêutica.....	137
Figura 78. Variação do $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ em função do grau de parentesco dos familiares/cuidadores .....	138
Figura 79. Variação do $H_p(0,07)_{\text{max}}$ em função do grau de parentesco dos familiares/cuidadores .....	138
Figura 80. Variação do $H_p(10)_{\text{efetivo}}$ em função do grau de parentesco dos familiares/cuidadores .....	139
Figura 81. Variação do $H_p(10)_{\text{max}}$ em função do grau de parentesco dos familiares/cuidadores .....	139
Figura 82. Mapa dos valores médios do $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ e $H_p(0,07)_{\text{max}}$ (mSv) em função do grau de parentesco e do tipo de terapêutica.....	140
Figura 83. Mapa dos valores médios do $H_p(10)_{\text{efetivo}}$ e $H_p(10)_{\text{max}}$ (mSv) em função do grau de parentesco e do tipo de terapêutica.....	140
Figura 84. Variação do $H_p(10)_{\text{efetivo}}$ dos familiares/cuidadores por tipo de terapêutica realizada ao doente.....	141
Figura 85. Variação do $H_p(10)_{\text{max}}$ dos familiares/cuidadores por tipo de terapêutica realizada ao doente.....	142
Figura 86. Relação linear do IMC dos doentes e o $H_p(d)_{\text{efetivo}}$ dos familiares/cuidadores, para $d = 0,07$ mm e $d = 10$ mm .....	143
Figura 87. Relação linear do IMC dos doentes e o $H_p(d)_{\text{max}}$ dos familiares/cuidadores, para $d = 0,07$ mm e $d = 10$ mm .....	144
Figura 88. Variação do $H_p(10)_{\text{efetivo}}$ por classe etária do familiar/cuidador, por instituição de saúde .....	145

Figura 89. Variação do $H_p(10)_{\max}$ por classe etária do familiar/cuidador, por instituição de saúde .....	145
Figura 90. Variação do $H_p(10)_{\text{efetivo}}$ por dias de restrição do doente .....	148
Figura 91. Variação do $H_p(10)_{\max}$ por dias de restrição do doente.....	148
Figura 92. Relação entre a atividade administrada e o débito de dose a 1 metro, por instituição de saúde, em doentes com CDT .....	150
Figura 93. Dispersão da atividade específica de $^{131}\text{I}$ na urina dos familiares/cuidadores ( $\text{Bq.L}^{-1}$ ) .....	153
Figura 94. Variação da atividade específica de $^{131}\text{I}$ na urina ( $\text{Bq.L}^{-1}$ ) por classes etárias dos familiares/cuidadores.....	154
Figura 95. Variação da atividade específica de $^{131}\text{I}$ na urina ( $\text{Bq.L}^{-1}$ ) dos familiares/cuidadores por grau de parentesco com o doente.....	154
Figura 96. Média da atividade específica de $^{131}\text{I}$ na urina ( $\text{Bq.L}^{-1}$ ) do familiar/cuidador por grau de parentesco e tipo de terapêutica realizada pelo doente.....	155
Figura 97. Distribuição da atividade específica de $^{131}\text{I}$ na urina ( $\text{Bq.L}^{-1}$ ) e o período de restrições.....	155
Figura 98. Dose equivalente na tiroide do familiar/cuidador em função da sua idade	158
Figura 99. Dose equivalente na tiroide (no intervalo de 0-1,0 mSv) do familiar/cuidador em função da sua idade .....	158
Figura 100. Variação da dose equivalente na tiroide (no intervalo de 0 - 10,0 mSv) por grau de parentesco entre o doente e o familiar/cuidador .....	159
Figura 101. Variação da dose equivalente na tiroide (no intervalo de 0 - 0,8 mSv) por grau de parentesco entre o doente e o familiar/cuidador .....	159
Figura 102. Diretivas da União Europeia referentes à proteção e segurança contra radiações.....	206
Figura 103. Enquadramento legal do direito nuclear em Portugal .....	208

## Índice de tabelas

---

Tabela 1. Terminologia para bandas de dose de radiação adotadas pela UNSCEAR	23
Tabela 2. Coeficiente de risco nominal ajustado ao detrimento para efeitos estocásticos, após exposição a baixa dose de radiação (unidades: $10^{-2}$ Sv <sup>-1</sup> )	25
Tabela 3. Parâmetros dos dosímetros fotográficos, TLD e eletrônicos	29
Tabela 4. Restrições de dose e níveis de referência, segundo a ICRP	38
Tabela 5. Limite de dose para os trabalhadores expostos, público e outros, segundo o Decreto-Lei n.º 222/2008.	39
Tabela 6. Restrição de dose para familiares e amigos próximos, de doentes com terapêutica de <sup>131</sup> I, segundo a ICRP 97 e ICRP 94.	39
Tabela 7. Débito de dose efetiva a 1 metro de distância, estimativa das atividades (residuais) correspondentes e períodos de aplicação das instruções	40
Tabela 8. Propriedades físicas do <sup>131</sup> I	46
Tabela 9. Dose absorvida de <sup>131</sup> I em adultos	48
Tabela 10. Fatores que influenciam a captação do iodo pela tiroide	49
Tabela 11. Patologias da tiroide.	50
Tabela 12. Estratificação do risco em doentes com CDT	52
Tabela 13. Estimativa da incidência, mortalidade e prevalência, por sexo, do cancro da tiroide em 2018 na e Europa, União Europeia e Portugal.	55
Tabela 14. Taxa de incidência do tumor maligno na glândula tiroide em Portugal	59
Tabela 15. Indicações, contraindicações e efeitos secundários da terapêutica com <sup>131</sup> I	61
Tabela 16. Limites de dose para alta hospitalar na terapêutica com <sup>131</sup> I, em diferentes países	71
Tabela 17. Protocolo de aquisição da cintigrafia corporal com <sup>131</sup> I, após terapêutica, no Hosp_A e Hosp_B.	83
Tabela 18. Características dos 4 Elementos do dosímetro Panasonic, modelo UD802A	93

Tabela 19. Calendarização da colheita da amostra de urina pelo familiar/cuidador ....	94
Tabela 20. Cálculo da Dose Efetiva Comprometida (E) na tiroide de um familiar/cuidador – exemplo de cálculo.....	100
Tabela 21. Classificação dos IMC ajustados à faixa etária .....	102
Tabela 22. Grande grupo da Classificação Portuguesa das Profissões – 2010 .....	103
Tabela 23. Grande Categoria de Diagnóstico (GCD), versão 21.0.....	105
Tabela 24. Caracterização dos doentes por sexo .....	110
Tabela 25. Caracterização dos doentes de acordo com naturalidade e residência ...	110
Tabela 26. Caracterização dos doentes por idade e IMC.....	112
Tabela 27. Caracterização da idade dos doentes por classes .....	112
Tabela 28. Caracterização dos doentes por habilitações literárias, ensino obrigatório e agregado familiar.....	113
Tabela 29. Caracterização dos doentes por rendimento familiar.....	113
Tabela 30. Caracterização das condições habitacionais dos doentes.....	114
Tabela 31. Caracterização das condições de deslocação para o seu domicílio, no dia da alta hospitalar.....	115
Tabela 32. Localização do doente em relação ao condutor, no dia da alta hospitalar	116
Tabela 33. Caracterização dos doentes por instituição de saúde e tipo de terapêutica .....	117
Tabela 34. Caracterização dos doentes por instituição de saúde, tipo de terapêutica e sexo .....	117
Tabela 35. Caracterização da atividade de $^{131}\text{I}$ administrada e o débito de dose efetiva dos doentes, por instituição de saúde e tipo de terapêutica .....	118
Tabela 36. Caracterização da atividade de $^{131}\text{I}$ administrada (MBq) e o período de restrições (dias) dos doentes.....	118
Tabela 37. Relação da atividade de $^{131}\text{I}$ e o IMC, com o débito de dose efetiva em doentes com CDT .....	120
Tabela 38. Caracterização do IMC dos doentes por instituição de saúde e tipo de terapêutica .....	122



Tabela 39. Caracterização da terapêutica realizada pelos doentes, em função do sexo e atividade de $^{131}\text{I}$ administrada por categorias (grupo A, B, C, D e E) .....	122
Tabela 40. Caracterização do IMC e débito de dose efetiva a 1 metro, por atividade de $^{131}\text{I}$ administrada por categorias (grupo A, B, C, D e E). .....	123
Tabela 41. Caracterização do valor médio do IMC e débito de dose efetiva a 1 metro pelas classes do IMC, dos doentes com CDT em função da atividade de $^{131}\text{I}$ administrada por categorias (grupos A, B, C, D e E). .....	124
Tabela 42. Variação relativa do débito de dose efetiva nos grupos de doentes de CDT com IMC por excesso de peso e obesos, em relação ao grupo com IMC eutrofia .....	126
Tabela 43. Relação entre o IMC dos doentes e o $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ , $H_p(0,07)_{\text{max}}$ , $H_p(10)_{\text{efetivo}}$ e $H_p(10)_{\text{max}}$ dos familiares/cuidadores.....	126
Tabela 44. Comparação de distribuição do $H_p(10)_{\text{efetivo}}$ e $H_p(10)_{\text{max}}$ (mSv) com variáveis socioeconómicas.....	127
Tabela 45. Caracterização da amostra total, doentes e familiares/cuidadores, por sexo .....	129
Tabela 46. Caracterização dos familiares/cuidadores por idade .....	130
Tabela 47. Caracterização da idade dos familiares/cuidadores por classes etárias .	130
Tabela 48. Caracterização dos familiares/cuidadores por habilitações literárias, escolaridade obrigatória e grau de parentesco.....	131
Tabela 49. Caracterização do n.º de familiares/cuidadores por instituição de saúde e tipo de terapêutica do doente .....	131
Tabela 50. Caracterização dos familiares/cuidadores por classes etárias (idade grupo_10) e tipo de terapêutica do doente .....	132
Tabela 51. Caracterização da monitorização externa e interna dos familiares/cuidadores, por instituição de saúde e tipo de terapêutica do doente .....	132
Tabela 52. Caracterização da idade, IMC, atividade terapêutica de $^{131}\text{I}$ e débito de dose efetiva, dos doentes de CDT e hipertireoidismo que contribuíram na avaliação da exposição externa dos seus familiares/cuidadores .....	133
Tabela 53. Caracterização do $H_p(0,07)$ e $H_p(10)$ , dos familiares/cuidadores .....	134
Tabela 54. Relação entre o $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ vs $H_p(0,07)_{\text{max}}$ e $H_p(10)_{\text{efetivo}}$ vs $H_p(10)_{\text{max}}$ ..	134

Tabela 55. Relação entre a atividade de $^{131}\text{I}$ administrada aos doentes (Hiper + CDT) e o $H_p(0,07)$ e $H_p(10)$ dos familiares/cuidadores .....	135
Tabela 56. Relação entre o débito de dose efetiva dos doentes com CDT e o $H_p(0,07)$ e $H_p(10)$ dos familiares/cuidadores .....	135
Tabela 57. Relação entre o IMC dos doentes, com CDT e hipertireoidismo, e o $H_p(0,07)$ e $H_p(10)$ dos familiares/cuidadores .....	143
Tabela 58. Comparação de distribuição do $H_p(0,07)$ e $H_p(10)$ (mSv) nas categorias etárias das crianças e dos adultos .....	145
Tabela 59. Apreciação do $H_p(10)$ em crianças com idade $\leq 10$ anos, em função do sexo do doente .....	146
Tabela 60. Comparação de distribuição do $H_p(0,07)$ e $H_p(10)$ (mSv) por dias de restrição indicados aos doentes .....	147
Tabela 61. Caracterização da atividade de $^{131}\text{I}$ (MBq) administrada ao doente dos familiares/cuidadores com monitorização externa, por tipo de terapêutica, em cada instituição de saúde .....	149
Tabela 62. Comparação entre Hosp_A e Hosp_B, da relação entre a atividade de $^{131}\text{I}$ administrada aos doentes e o $H_p(0,07)$ e $H_p(10)$ dos familiares/cuidadores .....	151
Tabela 63. Comparação entre Hosp_A e Hosp_B, da relação entre o débito de dose efetiva dos doentes com CDT e o $H_p(0,07)$ e $H_p(10)$ dos familiares/cuidadores .....	151
Tabela 64. Caracterização da idade, IMC, atividade terapêutica de $^{131}\text{I}$ e débito de dose efetiva, dos doentes em que houve monitorização da exposição interna dos seus familiares/cuidadores .....	152
Tabela 65. Atividade específica de $^{131}\text{I}$ na urina, dos familiares/cuidadores .....	153
Tabela 66. Caracterização dos familiares/cuidadores e respetivos doentes, com atividade específica de $^{131}\text{I}$ na urina .....	153
Tabela 67. Relação entre o IMC, a atividade de $^{131}\text{I}$ e o débito de dose efetiva do doente com a atividade específica de $^{131}\text{I}$ na urina dos familiares/cuidadores .....	156
Tabela 68. $H_T(\text{tireoide})$ (mSv) dos familiares/cuidadores .....	157
Tabela 69. Descrição da exposição interna e externa a $^{131}\text{I}$ , em duas famílias .....	160

Tabela 70. Relação das variáveis dependentes e independentes na exposição externa dos familiares/cuidadores.....	161
Tabela 71. Relação das variáveis dependentes e independentes do doente com CDT e a Atividade específica de <sup>131</sup> I na urina dos familiares/cuidadores submetidos a monitorização interna .....	162
Tabela 72. Variáveis a operacionalizar (1/7) .....	248
Tabela 73. Variáveis a operacionalizar (2/7) .....	249
Tabela 74. Variáveis a operacionalizar (3/7) .....	250
Tabela 75. Variáveis a operacionalizar (4/7) .....	251
Tabela 76. Variáveis a operacionalizar (5/7) .....	252
Tabela 77. Variáveis a operacionalizar (6/7) .....	253
Tabela 78. Variáveis a operacionalizar (7/7) .....	254

## Índice de anexos

---

Anexo 1. Proteção radiológica e dosimetria - Unidades e grandezas.....	201
Anexo 2. Enquadramento legal do direito nuclear.....	205
Anexo 3. Diretivas comunitárias e direito interno sobre radiações ionizantes .....	209
Anexo 4. Algoritmo de tomada de decisão e gestão de recomendações clínicas, em doentes com CDT de baixo risco, que foram submetidos a tiroidectomia total, proposto pela Associação Americana da Tireoide .....	216
Anexo 5. Algoritmo de tomada de decisão e gestão de recomendações clínicas, em doentes com CDT de baixo risco, que foram submetidos a tiroidectomia parcial (e.g. lobectomia), proposto pela Associação Americana da Tireoide.....	217
Anexo 6. Algoritmo de tomada de decisão e gestão de recomendações clínicas, em doentes com CDT de risco intermédio, que foram submetidos a tiroidectomia total, proposto pela Associação Americana da Tireoide .....	218
Anexo 7. Algoritmo de tomada de decisão e gestão de recomendações clínicas, em doentes com CDT de alto risco, que foram submetidos a tiroidectomia total e que não tenham doença residual no pescoço, proposto pela Associação Americana da Tireoide .....	219
Anexo 8. Estratificação do risco de cancro da tireoide, segundo a <i>American Thyroid Association</i> .....	220
Anexo 9. Instruções de restrições que o médico deve dar ao doente, após terapêutica com <sup>131</sup> I .....	221
Anexo 10. Procedimento do SMN – Hosp_A, para “informações pré-terapêutica com Iodo-131 no hipertireoidismo” .....	223
Anexo 11. Procedimento do SMN – Hosp_A, para “informações pré-terapêutica com Iodo-131 (com internamento)” .....	224
Anexo 12. Procedimento do SMN – Hosp_B, para “Esclarecimentos acerca da terapêutica com Iodo radioactivo”, no CDT .....	225
Anexo 13. Procedimento do SMN – Hosp_B, para “informações pré-terapêutica com Iodo-131 no hipertireoidismo” .....	226
Anexo 14. Procedimento do SMN – Hosp_A, nos “Cuidados a cumprir em casa após terapêutica de hipertireoidismo com <sup>131</sup> I” .....	227

Anexo 15. Procedimento do SMN – Hosp_A, nas “Instruções sobre o comportamento dos doentes após terapêutica com iodo radioactivo” .....	228
Anexo 16. Procedimento do SMN – Hosp_B, na “Terapêutica com Iodo-131 no hipertiroidismo. Depois de fazer a sua terapêutica” .....	231
Anexo 17. Normas de alta no CDT do SMN – Hosp_B .....	232
Anexo 18. Termo de consentimento informado (Doc: ERIAO.01.CIPE.07.2011) .....	233
Anexo 19. Termo de consentimento informado do representante legal (Doc: ERIAO.02.CIPE.07.2011).....	234
Anexo 20. Inquérito ao doente (Doc: ERIAO.05 InqueDoente – Inquérito doentes_01.12.2011) .....	235
Anexo 21. Inquérito ao acompanhante (Doc: ERIAO.04 InqueAcomp – Inquérito acompanhante_ 01.12.2011).....	238
Anexo 22. Panfleto explicativo da utilização do dosímetro e registo de ocorrências (Doc: ERIOA – 06_ Folha de ocorrências).....	241
Anexo 23. Normas de orientação para recolha da amostra de urina no familiar/cuidador (Doc: ERIOA.08.NorRecUrina.01.2013) .....	243
Anexo 24. Processo de autorização da CNPD.....	244
Anexo 25. Parecer da Direção-Geral da Saúde sobre o estudo.....	247
Anexo 26. Variáveis a operacionalizar. ....	248



## Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

---

$\gamma$	Gama
$\alpha$	Alfa
$\beta$	Beta
$^{131}\text{I}$	Iodo-131
$^{18}\text{F-FDG}$	Fluorodesoxiglicose marcada com Fluor-18
<b>A</b>	Atividade
<b>ACSS</b>	Administração Central do Sistema Saúde
<b>ADN</b>	Ácido Desoxirribonucleico
<b>A<sub>e</sub></b>	Atividade específica
<b>ALARA</b>	<i>As Low As Reasonability Achievable</i>
<b>AMAD</b>	Diâmetro aerodinâmico da mediana da atividade, do acrónimo em inglês <i>Activity Median Aerodynamic Diameter</i> .
<b>AMD</b>	Atividade Mínima Detetável
<b>AMD<sub>ap</sub></b>	Atividade Mínima Detetável aparente
<b>ATA</b>	<i>American Thyroid Association</i>
<b>BEIR</b>	<i>Biological Effects of Ionizing Radiation</i>
<b>Bq</b>	<i>Bequerel</i>
<b>CDT</b>	Carcinoma Diferenciado da Tiroide
<b>Ci</b>	<i>Curie</i>
<b>CNPD</b>	Comissão Nacional de Proteção de Dados
<b>CPP/2010</b>	Classificação Portuguesa das Profissões - 2010
<b>CTN/IST</b>	Centro Tecnológico Nuclear / Instituto Superior Técnico
<b>DGS</b>	Direção-Geral da Saúde
<b>DIT</b>	Diiodotirosina
<b>DP</b>	Desvio padrão
<b>dta.</b>	Direita
<b>E</b>	Dose Efetiva Comprometida
<b>e(g)</b>	Coeficiente de dose
<b>EANM</b>	<i>European Association of Nuclear Medicine</i>
<b>EAR</b>	Excesso de Risco Absoluto, do acrónimo em inglês <i>Excess Absolute Risk</i>
<b>ERR</b>	Excesso de Risco Relativo, do acrónimo em inglês <i>Excess Relative Risk</i>
<b>esq.</b>	Esquerda
<b>ETA</b>	<i>European Thyroid Association</i>
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>EURATOM</b>	<i>European Atomic Energy Community</i>

<b>eV</b>	Eletrão <i>Volt</i>
<b>FOV</b>	Campo de Visão, do acrónimo em inglês <i>Field Of View</i>
<b>GCD</b>	Grande Categoria de Diagnóstico
<b>GDH</b>	Grupos de Diagnósticos Homogéneos
<b>Gy</b>	Gray
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	Peróxido de Oxigénio
<b>HELRL</b>	Alta Energia Baixa Resolução, do acrónimo em inglês <i>Hight Resolution Low Energy</i>
<b>H<sub>p</sub>(0,07)</b>	Equivalente de dose individual com profundidade de 0,07 mm
<b>H<sub>p</sub>(10)</b>	Equivalente de dose individual com profundidade de 10 mm
<b>H<sub>p</sub>(d)</b>	Equivalente de dose individual com profundidade de <i>d</i> mm
<b>HPGe</b>	Germânio Hiperpuro
<b>HV</b>	Fonte de Alta Tensão, do acrónimo em inglês <i>High Voltage</i>
<b>Hz</b>	Hertz
<b>I<sup>-</sup></b>	Ião Iodeto
<b>IAEA</b>	<i>International Atomic Energy Agency</i>
<b>IARC</b>	<i>International Agency of Research on Cancer</i>
<b>ICRP</b>	<i>International Commission on Radiological Protection</i>
<b>IMC</b>	Índice de Massa Corporal
<b>ITN</b>	Instituto Tecnológico Nuclear
<b>Kerma / K</b>	Energia cinética libertada por unidade de massa, do acrónimo em inglês <i>kinetic energy released per unit mass</i>
<b>LET</b>	Transferência Linear de Energia, do acrónimo em inglês <i>Linear Energy Transfer</i>
<b>LNT</b>	Linear sem Limiar, do acrónimo em inglês <i>Linear No-Threshold</i>
<b>LQ</b>	Linear Quadrático, do acrónimo em inglês <i>Linear Quadratic</i>
<b>LT</b>	Linear com Limiar, do acrónimo em inglês <i>Linear Threshold</i>
<b>M</b>	Atividade medida
<b>m(t)</b>	Atividade medida num período de tempo
<b>MIT</b>	Monoiodotirosina
<b>MN</b>	Medicina Nuclear
<b>NCRP</b>	<i>National Council on Radiation Protection and Measurements</i>
<b>NUTs</b>	Nomenclaturas de Unidades Territoriais
<b>OMS</b>	Organização Mundial de Saúde
<b>PET</b>	Tomografia por Emissão de Positrões, do acrónimo em inglês <i>Positron Emission Tomography</i>
<b>RADAR</b>	<i>Radiation Dose Assessment Resource</i>
<b>RAIU</b>	Captação de Iodo Radioativo, do acrónimo em inglês <i>Radioiodine Uptake</i>
<b>RCD</b>	Registo Central de Doses



<b>RD</b>	Radiologia
<b>rhTSH</b>	Tirotrofina humana recombinante, do acrónimo em inglês <i>recombinant human thyrotropin</i>
<b>ROI</b>	<i>Region of Interest</i>
<b>RT</b>	Radioterapia
<b>SI</b>	Sistema Internacional de Unidades
<b>SMN</b>	Serviço de Medicina Nuclear
<b>SNMMI</b>	<i>Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging</i>
<b>SO</b>	Saúde Ocupacional
<b>Sv</b>	<i>Sievert</i>
<b>T<sub>3</sub></b>	Triiodotironina
<b>T<sub>4</sub></b>	Tetraiodotironina ou Tiroxina
<b>T<sub>b</sub></b>	Semivida Biológica
<b>TBG</b>	Globulina transportadora de tiroxina, do acrónimo em inglês <i>thyroxine-binding globulin</i>
<b>T<sub>e</sub></b>	Semivida Efetiva
<b>T<sub>f</sub></b>	Semivida Física
<b>TGO</b>	Tiroglobulina
<b>TLD</b>	Termoluminescentes
<b>TRH</b>	Hormona Libertadora da Tirotrofina, do acrónimo em inglês <i>thyrotropin-releasing hormone</i>
<b>TSH</b>	Hormona estimulante da tiroide ou tirotrofina, do acrónimo em inglês <i>thyroid-stimulating hormone</i>
<b>UE-27</b>	União Europeia dos 27
<b>UNSCEAR</b>	<i>United National Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation</i>
<b>UPSR</b>	Unidade de Proteção e Segurança Radiológica
<b><math>\rho_{sp}</math></b>	ró de <i>Spearman</i>



## Introdução

---

O recurso à utilização de radionuclídeos e radiofármacos como fontes radioativas não seladas em Medicina Nuclear, em procedimentos de diagnóstico e de terapêutica, faz com que emergjam medidas preventivas para limitar a dose de exposição de terceiros a radiações. O Iodo-131 ( $^{131}\text{I}$ ) é um radionuclídeo do qual poderá resultar maior dose de radiação para os profissionais de saúde, público, familiares e cuidadores expostos, comparativamente a outros radionuclídeos emissores  $\beta$  (e.g. Fósforo-32, Estrôncio-89, Ítrio-90) (ICRP, 2004).

A terapêutica com iodo radioativo, embora simples e eficaz, não deixa de envolver a utilização e administração de um radionuclídeo o que leva a considerar o risco de exposição interna e externa, bem como potenciais efeitos nos doentes e familiares (IAEA, 2009). Assim, nas diferentes fases da terapêutica, é imperativo tomar medidas de proteção contra as radiações, nas diferentes fases da terapêutica, para evitar acidentes (IAEA, 2009) e exposição indevida de indivíduos a radiações ionizantes.

A tiroide é uma glândula endócrina que produz hormonas fundamentais para a homeostasia do organismo. As hormonas tiroideias são compostas por iodo. A elevada afinidade da tiroide para o iodo, permite utilizar o iodo radioativo  $^{131}\text{I}$  eficazmente na terapêutica de algumas patologias da tiroide (IAEA, 2009) uma vez que a sua estrutura básica não é significativamente diferente do iodo não radioativo.

Apesar do desenvolvimento de novas tecnologias da saúde criar novas aplicações mais seguras, o seu uso inadequado pode levar a exposições desnecessárias e potenciar riscos para a saúde dos pacientes, profissionais e público (WHO, 2016) devido aos efeitos biológicos potencialmente deletérios das radiações ionizantes.

A nível mundial têm sido realizadas várias investigações a familiares/cuidadores de doentes que realizam estudos de diagnóstico e/ou terapêutica com fontes não seladas, para avaliar a sua exposição externa e/ou interna a radiações ionizantes. Os estudos realizados têm especial incidência quando está envolvido o recurso ao  $^{131}\text{I}$  (Akhtar *et al.*, 2016; Azizmohammadi *et al.*, 2013; Fatima *et al.*, 2016; Grigsby *et al.*, 2000; Harbert e Wells, 1974; Hewamanna, Loganathan e Perera, 2014; Kochovska *et al.*, 2016; Kocovska *et al.*, 2011; Marriott, Webber e Gulenchyn, 2007; Monsieus *et al.*, 1998).

A correta avaliação dos riscos decorrentes do recurso a radiações ionizantes e a quantificação dos seus efeitos em indivíduos expostos constituem um problema de Saúde Pública. Desta forma compete ao Ministério da Saúde definir estratégias para assegurar a proteção contra radiações, delegando na Direção-Geral da Saúde a responsabilidade de promover e coordenar medidas destinadas a assegurar a proteção de pessoas que, direta ou indiretamente, possam sofrer os efeitos da exposição a radiações em território nacional (*Decreto-Lei n.º 222/08*).

O objetivo principal deste estudo consiste em avaliar a exposição interna e externa a  $^{131}\text{I}$  dos familiares/cuidadores que coabitam com doentes submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$ , nas doenças da tiroide.

Por forma a definir as estratégias adequadas para alcançar o objetivo proposto neste trabalho, procedeu-se, primeiramente, a uma pesquisa bibliográfica relacionada com a temática da investigação para encontrar estudos já documentados neste âmbito.

Esta tese está estruturada em três partes e cada uma está compartimentada em capítulos.

A introdução dá início à redação da tese e seguem-se os objetivos.

Na Parte I estão contidos os seis primeiros capítulos:

- No Capítulo 1 descreve-se a pertinência do tema.
- O Capítulo 2 de radiações ionizantes na saúde, aborda os aspetos relativos (i) à radiobiologia, (ii) modelos de risco, (iii) risco de exposição a baixa dose de radiação, (iv) exposição externa e interna a radiações ionizantes, (v) modelos biocinéticos em dosimetria interna, (vi) restrições de dose e limites de dose e (vii) exposição a  $^{131}\text{I}$ .
- O Capítulo 3 incide sobre o  $^{131}\text{I}$  na terapêutica de doenças da tiroide, com destaque nos tópicos (i) tiroide e (ii) proteção e segurança contra as radiações na terapêutica com  $^{131}\text{I}$ .
- O Capítulo 4 aborda o paradigma das radiações em Saúde Pública.

Na Parte II descreve-se o estudo empírico.

- Inicia-se com o Capítulo 5 de materiais e métodos, onde se caracteriza o tipo de estudo, população e amostra. Procede-se à definição das variáveis, sua operacionalização e à descrição detalhada dos procedimentos realizados na recolha de dados.

- Segue-se o Capítulos 6 com a apresentação dos resultados obtidos pelas diferentes metodologias aplicadas.

Na Parte III a discussão de resultados e considerações finais.

- O Capítulo 7 inclui a discussão dos resultados.
- No Capítulo 8 apresentam-se as conclusões e propostas de investigação.

Por fim apresentam-se as referências bibliográficas.

## OBJETIVOS

O **objetivo geral** deste estudo é avaliar a exposição interna e externa a  $^{131}\text{I}$  dos familiares/cuidadores que coabitam com doentes submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$ , para hipertireoidismo ou Carcinoma Diferenciado da Tireoide (CDT).

No conteúdo deste trabalho e considerando o objetivo geral formulado, definem-se como **objetivos específicos**:

1. Analisar os níveis de dose de exposição externa e interna de  $^{131}\text{I}$  nos familiares/cuidadores de doentes submetidos a terapêutica para hipertireoidismo ou CDT;
2. Identificar possíveis relações entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente e o débito de dose efetiva, com as características estaturo-ponderais e socioeconómicas dos doentes, e a dose de exposição externa e interna de  $^{131}\text{I}$  a que os familiares/cuidadores estão expostos;
3. Comparar a dose de exposição externa e interna a  $^{131}\text{I}$  a que os familiares/cuidadores estão expostos, com o tipo de terapêutica realizada aos doentes, o seu grau de parentesco e o período de restrições indicado;
4. Analisar a dose de exposição externa e interna a  $^{131}\text{I}$  nas crianças e adultos, enquanto familiares/cuidadores e estimar a diferença de dose de exposição externa e interna entre grupos etários.



## **PARTE I – Revisão da Literatura / Fundamentação Teórica**

---





# Capítulo 1 - Pertinência do tema

---

## 1.1 PERTINÊNCIA DO ESTUDO

Há mais de 100 anos que as substâncias radioativas são utilizadas em Medicina. Ao longo destes anos o grande desenvolvimento científico e tecnológico tem evidenciado os benefícios das radiações ionizantes para a saúde da população, o que tem favorecido o aumento das prescrições médicas que recorrem a radiações em exames de diagnóstico e de terapêutica (Stephen Amis *et al.*, 2007; UNSCEAR, 2010). Em áreas como a Medicina Nuclear, Radiologia, Radioterapia e em procedimentos de intervenção (radiologia, cardiologia, urologia, ortopedia, entre outros), os benefícios excedem de tal forma os riscos para a saúde que justificam a disseminação da sua utilização.

Segundo os dados da *United National Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* (UNSCEAR), no período entre 1997 e 2007 foram realizados 36 milhões de exames com radiação X, 32,7 milhões de exames de Medicina Nuclear e 5,1 milhões de tratamentos em Radioterapia. Neste período constatou-se o aumento de quase 10 vezes o número de procedimentos de diagnóstico e terapêutica com recurso a radiações ionizantes (UNSCEAR, 2010).

Estima-se que entre 1950 e 2006, nos Estados Unidos da América (EUA), tenha havido um acréscimo de quase 10 vezes do número de exames de diagnóstico de Radiologia e de Medicina Nuclear. Esta tendência crescente dos procedimentos de exames médicos teve também um impacto na dose efetiva per-capita anual, originando um aumento de 6 vezes, tendo passado de 0,5 *miliSieverts* (mSv) em 1980 para cerca de 3,0 mSv em 2006 (Salvatori e Lucignani, 2010).

Os procedimentos médicos são realizados por profissionais de saúde com competências específicas nas respetivas áreas de intervenção, o que pressupõe que a probabilidade de exposição profissional a radiações ionizantes também possa aumentar de acordo com o número de procedimentos realizados (Salvatori e Lucignani, 2010).

A especialidade médica Medicina Nuclear “utiliza as propriedades de radiofármacos ou radionuclídeos para investigar alterações do metabolismo e da função, da fisiologia e da patofisiologia, para diagnosticar e/ou tratar doenças com fontes radioativas não-seladas” (Pereira *et al.*, 2016). Caracteriza-se “pela execução quer de métodos complementares de diagnóstico quer de terapêuticas que requerem a

administração de um traçador radioativo ou radiofármaco, em concentrações moleculares tão reduzidas que não alteram os processos fisiológicos” (Pereira *et al.*, 2016).

A Medicina Nuclear, na vertente diagnóstica, permite um estudo funcional e molecular sem interferência na função do organismo em estudo; na vertente terapêutica é simultaneamente seletiva e sistêmica. No diagnóstico e na terapêutica os efeitos secundários associados são mínimos (Pereira *et al.*, 2016).

No relatório da UNSCEAR (2010c) estima-se que a nível mundial se realizem 30 milhões de exames de diagnóstico e perto de 400.000 procedimentos de terapêutica com radiofármacos, sendo o  $^{131}\text{I}$  um dos radionuclídeos mais utilizados.

A *European Association of Nuclear Medicine* (EANM) desenvolveu, nos seus 35 países membros dois estudos para avaliar a “Medicina Nuclear na Europa”, nos quais se refere que foram realizados 231.830 e 220.885 procedimentos terapêuticos em 2010<sup>1</sup> e 2012<sup>2</sup>, respetivamente (Bourguet, 2013; EANM, 2012).

A Proteção e Segurança contra as Radiações em Medicina Nuclear abrange profissionais de saúde, doentes, membros do público, familiares, cuidadores e amigos, o que fundamenta e justifica o grande interesse da bibliografia atual (Salvatori e Lucignani, 2010), com especial destaque na temática dos doentes que realizam terapêutica com  $^{131}\text{I}$  (Al-Maskery e Bererhi, 2009; Barrington *et al.*, 1999, 2008; Grigsby *et al.*, 2000; Mettler *et al.*, 2008; Monson *et al.*, 2006; Mountford e O’Doherty, 1999; Pant *et al.*, 2006; Plato, Jacobson e Homann, 1976; Salvatori e Lucignani, 2010; UNSCEAR, 2010, 2010, 2010).

A *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) ainda não efetuou recomendações específicas quanto aos procedimentos a aplicar relativamente às terapêuticas em Medicina Nuclear com  $^{131}\text{I}$  (ICRP, 2004), no entanto estabeleceu limites e restrições de dose para o público 1 mSv/ano e para as pessoas que cuidam dos doentes e seus visitantes 5 mSv/episódio terapêutico (ICRP, 2004).

Em 1998, a Comissão Europeia já tinha apresentado, na sua publicação *Radiation Protection 97 - Radiation Protection following iodine-131 therapy (Exposures due to outpatients or discharged inpatients)*, valores da restrição de dose de 1 mSv/episódio terapêutico para crianças com idade  $\leq 10$  anos, 3 mSv/episódio terapêutico para

---

<sup>1</sup> 2010 – Dos 35 países membros da EANM, 33 países participaram no estudo (EANM, 2012).

<sup>2</sup> 2012 – Dos 35 países membros da EANM, 31 países participaram no estudo (Bourguet, 2013).

indivíduos com idade entre os 11 e os 60 anos, 15 mSv/episódio terapêutico para indivíduos com idade  $\geq 60$  anos e 0,3 mSv/episódio terapêutico para membros do público (European Commission, 1998). No relatório *Radiation Protection 94* (ICRP, 2004) os valores da restrição de dose são similares aos do relatório ICRP 97 (European Commission, 1998), com exceção da restrição de dose para adultos com idade inferior a 60 anos, que passa de 3 mSv/episódio terapêutico para 5 mSv/episódio terapêutico. Em Portugal vigora a transposição da *Radiation Protection 97* – “Proteção contra as radiações ionizantes após terapêutica com iodo-131 (exposições devidas a doentes em ambulatório ou a doentes após receberem alta)” (Comissão Europeia, 1999).

Constata-se, no entanto que existem divergências, por parte dos diferentes países, na interpretação dos limites e valores da restrição de dose referidos no Relatório *Radiation Protection 94*. Estas divergências têm implicações nos critérios de alta hospitalar dos doentes que realizam terapêutica com  $^{131}\text{I}$ . Esses critérios podem depender de (i) princípios básicos individuais, (ii) do débito de dose nos doentes (avaliada por medida externa com detetor de radiação), (iii) dos desejos e expectativas dos doentes, (iv) da exposição ocupacional e do público, (v) das condicionantes familiares, (vi) dos custos e (vii) dos condicionantes ambientais (ICRP, 2004).

A hospitalização dos doentes que realizam terapêutica com  $^{131}\text{I}$  favorece a diminuição da dose efetiva do público, traduzindo-se com frequência no aumento da dose efetiva para os profissionais da saúde, o que resulta num aumento dos custos hospitalares, que têm de ser analisados e justificados (ICRP, 2004). É fundamental padronizar procedimentos que não sejam influenciáveis por fatores pessoais e económicos, em detrimento da saúde de terceiros.

Barrington (1999) realizou um estudo com familiares de doentes submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$  para hipertireoidismo, concluindo que das 79 crianças monitorizadas 8 estiveram expostas a um equivalente de dose superior ao limite de dose para crianças (1 mSv); destas 8 crianças 5 tinham idades compreendidas entre os 0,5 e 3 anos de idade. Dos 35 adultos monitorizados apenas 1 foi exposto a um equivalente de dose superior ao limite (5 mSv) (Barrington *et al.*, 1999). No entanto, outros autores evidenciam resultados em que os familiares dos doentes que fazem terapêutica com  $^{131}\text{I}$  não excedem o limite de 5 mSv recomendado pelo ICRP 94 (Carvalho *et al.*, 2009; Pant *et al.*, 2006; Willegaignon *et al.*, 2011), desde que controlados por profissionais devidamente qualificados.

Monsieurs, Thierens, Dierckx *et al.* (1998) realizaram um estudo em 8 centros de Medicina Nuclear na Bélgica, com 166 familiares de 65 doentes submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$  para CDT e tireotoxicose (hipertiroidismo). Concluíram que o período de restrições nos doentes varia entre crianças e adultos; para além disso nos cônjuges o número de dias em que têm de dormir separados depende da patologia do doente. Os doentes que realizam terapêutica para CDT devem dormir separados durante 7 dias, após um período de hospitalização de 2-3 dias. Nos doentes que realizam terapêutica para tireotoxicose, pode ser necessário dormir separados num período superior a 21 dias, para cumprir rigorosamente a diretiva 96/29/EURATOM (Monsieurs *et al.*, 1998). Por isso, os autores propõem a execução de uma restrição de dose não rígida para pessoas que "consciente e voluntariamente" ajudem os doentes submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$ , garantindo no entanto a estrita aplicação do princípio *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) (Monsieurs *et al.*, 1998).

Na regulamentação portuguesa (Decreto-Lei n.º 180/2002, 2002), os doentes submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$  podem estar em regime de ambulatório, desde que reúnam as seguintes condições: (i) a dose efetiva, calculada a partir do valor de taxa de dose medida à distância de 1 metro das zonas "quentes", não ultrapasse os limites de dose para membros do público; (ii) a atividade administrada seja inferior a 740 mega Bequerel (MBq) (20 mili Curie - mCi). Os doentes que não reúnam estas condições têm de realizar terapêutica em regime de internamento até que a taxa de dose medida à distância de 1 metro das zonas "quentes" não ultrapasse os limites de dose para membros do público. Posteriormente, estes doentes podem ter alta hospitalar e devem manter os cuidados e restrições em regime de ambulatório.

Os cuidados de restrição, em termos de Segurança e Proteção contra Radiações, a serem indicados aos doentes dependem de vários fatores, dos quais se podem destacar a dose residual no momento da alta hospitalar, a idade dos familiares/cuidadores que habitam com o doente, as condições socioeconómicas, entre outras.

No referente à exposição ocupacional e ambiental resultante de aplicações das radiações ionizantes para fins médicos, quer na vertente do diagnóstico quer na vertente da terapêutica, o dever de assegurar a vigilância dos profissionais e controlar a exposição dos membros do público é da responsabilidade da instituição de saúde onde o profissional desempenha as suas funções e os doentes recebem os seus cuidados de saúde (IAEA, 2014). Para isso, é necessária a existência de uma monitorização eficaz das doses efetivas a que estão expostos os membros do público e os trabalhadores profissionalmente expostos.

## 1.2 PROBLEMÁTICA DA INVESTIGAÇÃO E QUADRO DE ANÁLISE

O problema que se coloca é o de avaliar corretamente “qual o risco para os membros do público, familiares e cuidadores decorrente da exposição a radiações ionizantes, em algumas práticas terapêuticas com  $^{131}\text{I}$ ”.

Para responder ao problema é fundamental desfragmentá-lo. Para isso recorreu-se ao modelo conceptual do risco de exposição a radiações ionizantes por procedimentos de Medicina Nuclear (Figura 1).

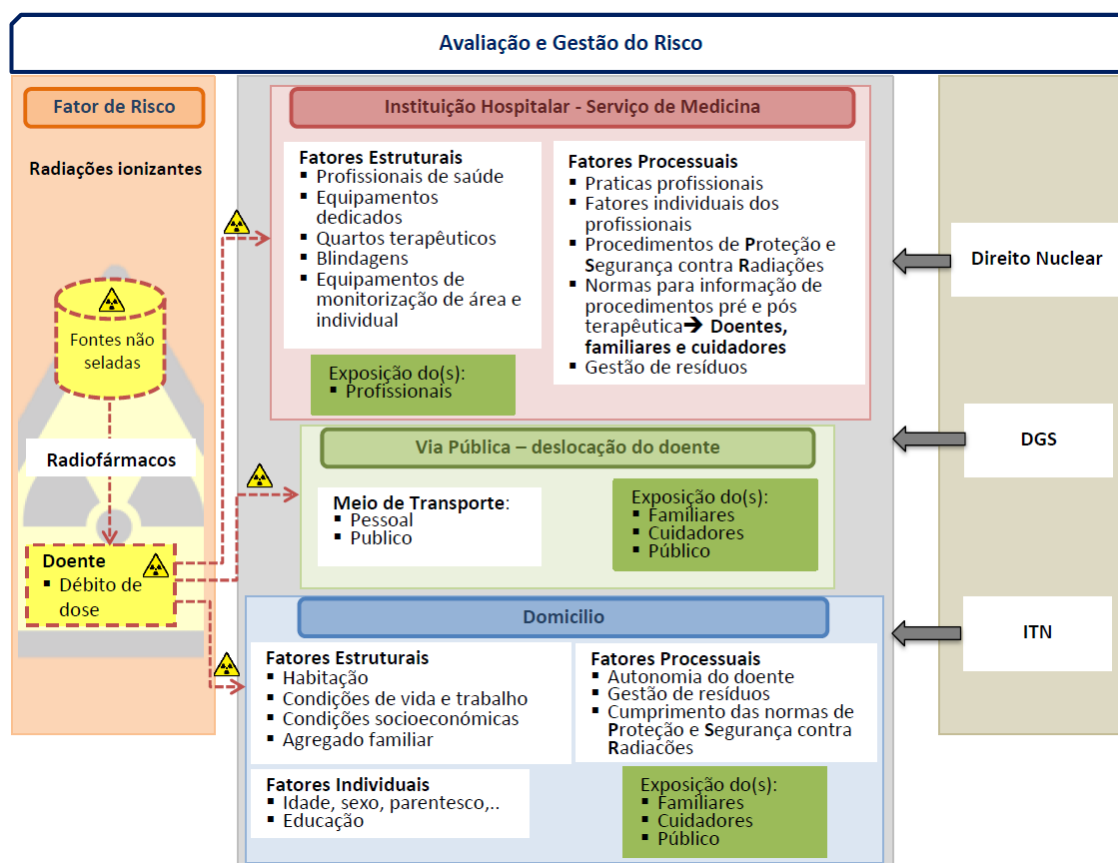
Vislumbram-se dois cenários paralelos: um respeitante à exposição a radiações ionizantes dos profissionais de saúde no desempenho das suas práticas e um segundo cenário onde os doentes que estabelecem um circuito entre a instituição hospitalar e o domicílio expõem o público que está à sua volta.

No segundo cenário o enfoque do estudo são os doentes que realizam terapêutica com  $^{131}\text{I}$  e que se mantêm em resguardo domiciliário. O seu isolamento do público ocorre por um período de tempo ajustado à atividade residual individual (débito de dose efetiva), com a finalidade de evitar expor o público a radiações ionizantes desnecessárias.

Neste contexto, a exposição de indivíduos a radiações ionizantes constitui e prefigura um problema de Saúde Pública. Evidencia-se a necessidade de um quadro legal do Direito Nuclear e de entidades que regulem e monitorizem a exposição de indivíduos a radiações ionizantes, como é o caso da Direção-Geral da Saúde e do Centro Tecnológico Nuclear (ex-Instituto Tecnológico Nuclear) (Decreto-Lei n.º 180/2002, 2002).

Assim, compete ao Ministério da Saúde definir estratégias para assegurar a proteção e segurança dos indivíduos contra radiações, delegando na Direção-Geral da Saúde a responsabilidade de promover e coordenar medidas destinadas a assegurar a proteção de pessoas e bens que, direta ou indiretamente, possam sofrer os efeitos da exposição a radiações em território Nacional (Decreto-Lei n.º 222/2008, 2008). A otimização de práticas é um pilar fundamental neste processo.

Para realizar a avaliação do risco (*risk assesement*) é fundamental o cumprimento de três etapas: identificação do fator de risco, avaliação da exposição e avaliação da dose-efeito/resposta (Sousa-Uva, 2006).



DGS – Direção-Geral da Saúde; ITN - Instituto Tecnológico Nuclear.

**Figura 1. Modelo conceptual do risco de exposição a radiações ionizantes por procedimentos de Medicina Nuclear**

Neste estudo o fator de risco é a radiação ionizante à qual estão associados diversos riscos para a saúde que dependem de variáveis como a dose de exposição, o tempo de exposição, a frequência da exposição e a distância da fonte. Para facilitar a correta avaliação do risco entende-se que será mais conveniente realizar uma análise microscópica do problema através de um modelo conceptual em que se pretende identificar a causa ou as causas de exposição do público, familiares e cuidadores a radiações ionizantes provenientes de doentes submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$  (Figura 2).

Existe uma ambiguidade relativamente à conceção de cuidador, decorrente do âmbito de aplicação do conceito. Os *International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources* (IAEA, 2009) consideram que o cuidador e a pessoa que conforta o doente, podem ser e.g. familiares do doente ou pessoas que visitam o doente. Na presente investigação, o conceito que passa a ser aplicado será o de “familiar/cuidador”, já que a maioria dos

cuidadores é familiar do doente, apesar de haver familiares que não são cuidadores (nomeadamente crianças, entre outros).

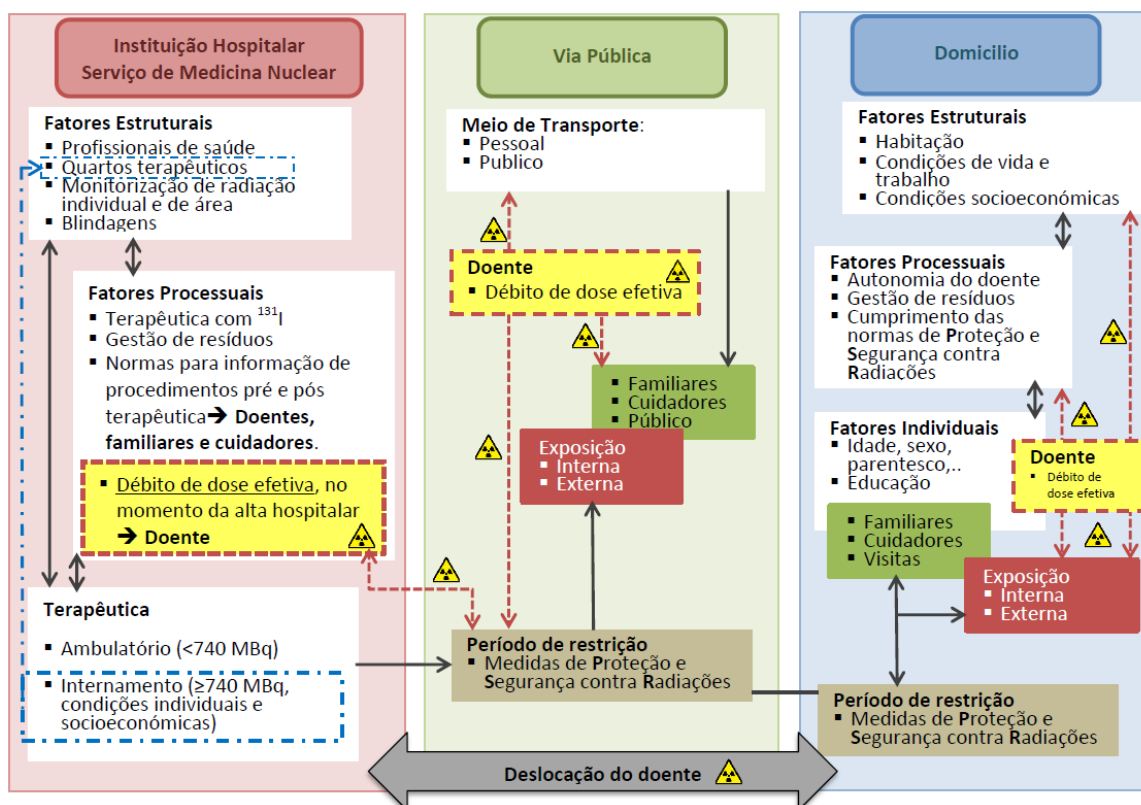


Figura 2. Modelo conceptual da exposição a radiações ionizantes de familiares, cuidadores e público, por doentes submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$

### 1.3 CONTRIBUTO PARA A SAÚDE PÚBLICA – ORIGINALIDADE E CARÁCTER INOVADOR DO ESTUDO

O estudo de monitorização de exposição a  $^{131}\text{I}$  quer externa quer internamente, nos indivíduos que coabitam com os doentes submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$  nas doenças da tiroide, tem a finalidade de avaliar a exposição a  $^{131}\text{I}$ .

Com base nos resultados obtidos pretende-se gerar bases para traçar linhas orientadoras a considerar quando se realizarem procedimentos de gestão do risco para os familiares/cuidadores destes doentes. Os procedimentos a tomar deverão alicerçar-se nas características individuais de cada doente, na atividade de  $^{131}\text{I}$  aplicada na terapêutica, na dose residual no momento da alta hospitalar, na idade e grau de parentesco dos familiares/cuidadores que habitam com o doente e nas condições socioeconómicas, entre outras variáveis.

A originalidade e carácter inovador deste estudo assenta na avaliação para além da dose de exposição externa também da dose de exposição interna. Tendo presente as características individuais de cada doente e o objetivo de minimizar a dose efetiva resultante para o público, familiares e cuidadores, pretende-se propor procedimentos a otimizarem no âmbito da terapêutica com  $^{131}\text{I}$ .



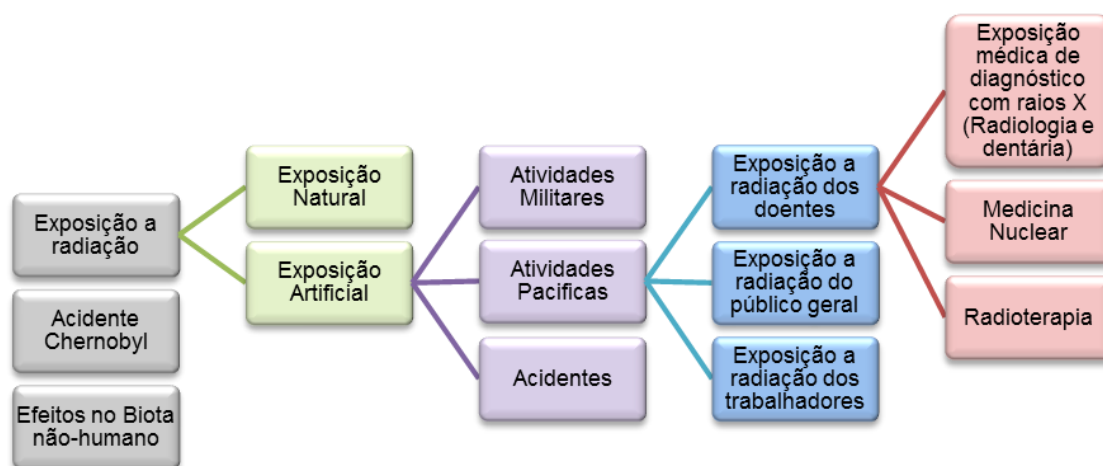
## Capítulo 2 - Radiações ionizantes na saúde

A utilização de radiações ionizantes em medicina conduziu a grandes melhorias no diagnóstico e tratamento de doenças no ser humano. À medida que os seus benefícios para os pacientes ganham reconhecimento, a utilização de radiações em medicina aumenta (WHO, 2016). Apesar de o desenvolvimento de novas tecnologias na saúde criar aplicações mais seguras, o seu uso inadequado pode levar a doses de exposição desnecessárias e potenciar riscos para a saúde dos pacientes, profissionais e público (WHO, 2016).

A UNSCEAR (2008) considera como principais tipos de exposição a radiações ionizantes:

- Exposição artificial (de origem antropogénica) – inclui as exposições no âmbito de procedimentos médicos de diagnóstico e terapêutica, a exposição a radiação decorrente dos ensaios com armas nucleares e/ou resultante de acidentes radiológicos e nucleares;
- Exposição natural – relacionada com a radiação natural de fundo e o radão, entre outras.

A exposição a radiação artificial em aplicações pacíficas abrange a exposição ocupacional, a exposição de doentes no âmbito dos cuidados de saúde e a exposição do público (Figura 3) (UNSCEAR, 2008).



**Figura 3. Tipos e causas principais de exposição a radiações**

Fonte: Adaptado de UNSCEAR (2008).

A percepção dos potenciais riscos ocasionados por exposição às radiações ionizantes pode ser alcançada a partir da análise de populações de indivíduos expostos a esse tipo de radiação (McParland, 2010). Fontes de dados epidemiológicos em populações expostas às radiações ionizantes, como por exemplo (i) das bombas nucleares de Hiroshima e Nagasaki, (ii) Chernobyl, (iii) exposição ocupacional e (iv) exposição médica, permitem prever o aparecimento de eventuais efeitos somáticos (McParland, 2010).

McParland (2010) refere que existem dois subgrupos de risco no grupo de exposições médicas. O primeiro subgrupo engloba os doentes oncológicos expostos a radiações ionizantes com fins terapêuticos (e.g. Radioterapia), onde a dose absorvida mais alta se localiza na zona de interesse irradiada: os órgãos e tecidos adjacentes devido à radiação dispersa recebem uma dose absorvida muito mais baixa. O segundo subgrupo são os pacientes submetidos a procedimentos de diagnóstico por imagem, em que é muito mais difícil, retrospectivamente, estimar a dose absorvida comparativamente aos doentes que realizam terapêutica (McParland, 2010).

Para evitar o inadequado uso das radiações ionizantes em saúde – garantindo a segurança dos pacientes, dos profissionais, dos membros do público e do ambiente - e uniformizar os procedimentos à luz dos princípios basilares da Proteção e Segurança Radiológica (Anexo 1), entre outros, existem organismos internacionais e nacionais que redigem diretivas, regulamentos, recomendações, normas e linhas orientadoras.

O enquadramento legal do direito nuclear (Anexo 1, Anexo 2 e Anexo 3) é um instrumento que, fornecendo valores de referência, permite controlar e minimizar a influência dos fatores de risco na saúde e as situações suscetíveis de causarem ou acentuarem prejuízos graves à saúde individual, da população em geral e de grupos específicos, e.g. os profissionais de saúde (Carapinha, 2009), familiares e cuidadores de doentes submetidos a terapia com radiofármacos.

Para garantir a qualidade destes procedimentos é fundamental que a sua revisão seja periódica e que acompanhe a evolução do conhecimento científico e da tecnologia. Isto, contudo, requer a envolvimento de medidas políticas, económicas e sociais, de forma a contribuir para ganhos em Saúde.

## **2.1 RADIOBIOLOGIA**

A radiação ionizante induz nas células e no Ácido Desoxirribonucleico (ADN) por processos e mecanismos de índole física, química e biofísica, efeitos biológicos que

podem ser potencialmente nocivos e decrementais para a saúde dos indivíduos (Lima e Oliveira, 2008). Os efeitos adversos da radiação estão relacionados com o tipo de energias libertadas e com a energia associada às ligações e processos biológicos. As radiações ionizantes são as que suscitam maior preocupação quanto aos efeitos biológicos por serem capazes de ionizar estruturas biológicas (Lima e Oliveira, 2008).

A **Radiobiologia** é o domínio científico que estuda os efeitos biológicos da radiação ionizante. Analisa as interações da radiação a nível celular e sub-celular (ADN) e efeitos resultantes dessas interações (Dowd e Tilson, 1999).

A radiação pode interagir diretamente com os componentes celulares (**efeito direto**) ou de modo indireto através da radiólise da água (**efeito indireto**) (Steel, 2002). Após interação da radiação ionizante com as células, ocorrem alterações celulares e moleculares, sendo o ADN um dos alvos mais importantes das radiações (Steel, 2002). A resposta biológica é diferente para os vários tecidos, dependendo principalmente da capacidade de reparação das lesões resultantes (Steel, 2002).

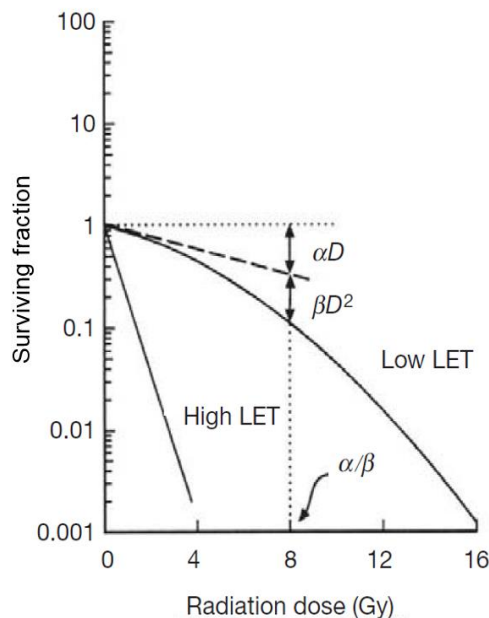
Uma década após a descoberta dos raios X, Bergonié & Tribondeau descreveram o que viriam a ser as primeiras observações do efeito das radiações ionizantes em meio celular, postulando que as células com alta taxa de proliferação são mais sensíveis às radiações ionizantes e quanto menos diferenciada é a função da célula maior a radiosensibilidade (Saha, 2001).

A **radiossensibilidade** das células é tanto maior quanto maior for o número de divisões necessárias da célula jovem até alcançar a sua função de célula diferenciada (Saha, 2001).

Em Proteção Radiológica, a grandeza física que define a qualidade de um feixe de radiação ionizante é a **Transferência Linear de Energia** (LET, do acrónimo em inglês *Linear Energy Transfer*) (IAEA, 2005).

As radiações separam-se em dois grupos: as de baixo LET e as de alto LET (Filho *et al.*, 2004). O valor de delimitação entre baixo e alto LET é cerca de  $10 \text{ keV} \cdot \mu\text{m}^{-1}$  (IAEA, 2005). Consideram-se radiações de **baixo LET** os raios X, raios  $\gamma$  e as partículas  $\beta^+$  e  $\beta^-$  (Filho *et al.*, 2004; IAEA, 2005). As radiações de **alto LET** têm um elevado poder de ionização e, conseqüentemente, são as que causam maiores danos biológicos, ou seja protões (partículas  $\alpha$ ), neutrões e iões pesados (Filho *et al.*, 2004; IAEA, 2005). As radiações de baixo LET induzem menos efeitos e danos biológicos do que as radiações de alto LET (UNSCEAR, 2011).

Uma curva de sobrevivência de células expostas a baixo e alto LET (Figura 4) descreve a relação entre a fração sobrevivente de células, isto é, a fração de células irradiadas que mantêm a sua integridade reprodutiva (células clonogénicas) e a dose absorvida (IAEA, 2005; ICRP, 2007).



**Figura 4. Curvas de sobrevivência de células para alto LET e baixo LET**

Fonte: IAEA, 2005, p.494

O modelo quadrático é o mais utilizado para descrever a **curva de sobrevivência de células**, assumindo que há dois componentes para células que morreram por radiação (Figura 4), e é parametrizado pela seguinte relação:

$$S(D) = e^{-\alpha D - \beta D^2} \quad \text{Eq.1}$$

onde  $S(D)$  é a fração de células sobreviventes de uma dose  $D$ ;  $\alpha$  é uma constante que descreve o declive inicial da curva de sobrevivência celular;  $\beta$  é uma constante que descreve o componente quadrático de morte celular (IAEA, 2005). A razão  $\alpha/\beta$  indica a dose de radiação quando o modelo linear e quadrático são iguais (8 Gy no ex.º representado na Figura 4) (IAEA, 2005; ICRP, 2007).

Os efeitos adversos resultantes da exposição a radiações ionizantes ocorrem quando se ultrapassa o limiar abaixo do qual não é observável esse efeito. Os efeitos adversos para a saúde que podem advir da exposição a radiações ionizantes dividem-

se em duas categorias: os efeitos estocásticos e os efeitos determinísticos ou não estocásticos (Saha, 2001; Sousa-Uva, 2006; Wakeford, 2012). Na terminologia adotada pelo ICRP em 2011, os efeitos determinísticos passaram a designar-se “reações tecidulares” (“tissue reactions”) (ICRP, 2007). Os **efeitos estocásticos** “podem ocorrer em qualquer nível de exposição, isto é não existe um valor limiar de dose abaixo da qual não se observa o efeito” (Saha, 2001). Além disso, estes efeitos estão associados a períodos de latência da ordem de meses ou anos. Devido a esse grande intervalo de tempo, a relação “causa-efeito” é difícil de avaliar até porque estão geralmente associados a baixas doses de radiação. Os efeitos biológicos resultantes são aleatórios e a probabilidade de ocorrerem cresce com o aumento da dose (Saha, 2001; Sousa-Uva, 2006; Wakeford, 2012). Os efeitos resultantes podem ser somáticos ou genéticos, dependendo do tipo de células envolvidas. Os **efeitos somáticos** observam-se na forma de carcinogénese, cataratogénese e danos embriológicos. As anomalias na descendência são os resultados dos **efeitos genéticos** (Saha, 2001).

As **reações tecidulares (efeitos determinísticos)** resultam da exposição a altas doses de radiação ionizante num curto período de tempo, sendo que a severidade e os danos biológicos aumentam com a dose. Observa-se uma relação “causa e efeito” entre a exposição e os sintomas atribuídos à perda das funções de um tecido biológico (Saha, 2001; Sousa-Uva, 2006). Estas reações têm um valor mínimo de dose abaixo do qual os danos não se observam. Eritema da pele, cataratas, esterilidade e fibrose são alguns dos exemplos das reações tecidulares (efeitos determinísticos) resultantes da exposição a altas doses de radiação (Saha, 2001).

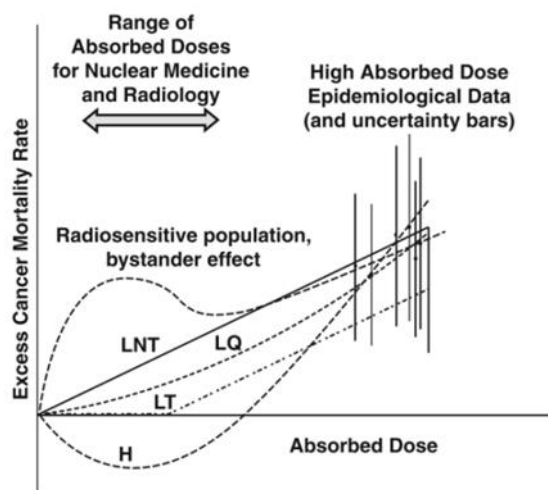
O conhecimento dos efeitos biológicos das radiações e a aplicação dos conceitos de Radiobiologia têm ajudado no desenvolvimento de estratégias terapêuticas mais eficazes e seguras (Steel, 2002).

## 2.2 MODELOS DE RISCO

A relação entre o efeito biológico observado e a dose recebida apresenta-se na forma de curvas dose-resposta.

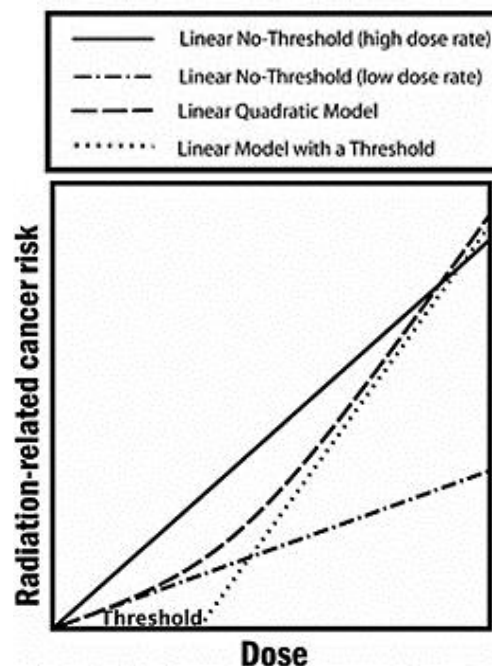
A Figura 5 expõe cinco tipos de extrapolação: linear sem limiar (LNT), linear com limiar (LT), linear quadrático (LQ), hormesis (H) e a existência de “bystander effects” que potenciam o aumento do risco para baixas doses (McParland, 2010).

Nos modelos de risco (Figura 6), os mais abordados são o modelo linear sem limite, o modelo linear quadrático e o modelo linear com limite (Monson *et al.*, 2006).



**Figura 5. Modelo conceptual dose-resposta por excesso da taxa de mortalidade por cancro em função da dose absorvida**

Fonte: McParland (2010, p. 431)



**Figura 6. Modelos de risco**

Fonte: Monson et al. (2006, p.7)

A controvérsia destes modelos de risco assenta nos limites mínimos de dose que podem induzir o cancro (Monson *et al.*, 2006; Tubiana *et al.*, 2006).

O risco de exposição a baixas doses de radiação ganhou grande interesse, dando origem à publicação de dois relatórios – o relatório da *French Academy of Medicine* publicado em Março de 2005 e o relatório da *American National Academy of Sciences* BEIR VII - Phase 2 com uma publicação da versão preliminar em Julho de 2005 (Tubiana *et al.*, 2006).

O comité do *BEIR VII phase 2* (2006) considera que o modelo LNT é o que melhor representa a exposição a baixas doses de radiação ionizante e a incidência de cancro sólido: o modelo LQ é o que descreve a incidência das leucemias e, hipoteticamente, o LT (Monson *et al.*, 2006).

A abordagem de alguns modelos de risco fundamenta-se com a exposição de terceiros, resultante dos doentes que realizam terapêuticas com radioisótopos e da necessidade de atestar eventuais riscos resultantes.

As dificuldades podem ser verificadas quando se pretende considerar a estimativa do risco a partir de estudos epidemiológicos longitudinais que descrevem taxas de incidência da doença em indivíduos expostos, riscos e modelos de risco (ou modelos de probabilidade, segundo Monson (2006)).

O grupo de investigação de Monson (2006) constatou que a análise mais recente de estudos de coorte de tempo de vida tem sido baseada em modelos de **Excesso de Risco Relativo** (ERR, do acrónimo em inglês *Excess Relative Risk*), em que o excesso de risco é expresso em relação ao risco da radiação de fundo, ou modelos de **Excesso de Risco Absoluto** (EAR, do acrónimo em inglês *Excess Absolute Risk*) nos quais o excesso de risco é expresso como a diferença entre o risco total e o risco da radiação de fundo. Os modelos ERR (Eq. 2) e EAR (Eq. 3) são funções lineares de dose-resposta (Monson *et al.*, 2006):

$$\lambda(c, s, a, b, d) = \lambda(c, s, a, b, d)[1 + \beta_s \text{ERR}(e, a)d] \quad \text{Eq. 2}$$

$$\lambda(c, s, a, b, d) = \lambda(c, s, a, b, d) + \beta_s \text{EAR}(e, a)d \quad \text{Eq. 3}$$

em que,  $\lambda(c, s, a, b)$  indica a taxa de fundo em dose zero e depende da cidade (c), sexo (s), idade atingida (a) e idade na data do estudo de coorte (b). O  $\beta_s \text{ERR}(e, a)$  e  $\beta_s \text{EAR}(e, a)$  são, respetivamente, o ERR e EAR por unidade de dose (d) expressa em Sv, que pode depender do sexo (s), da idade de exposição (e) e a idade atingida (a) (Monson *et al.*, 2006).

Algumas das conclusões referidas pela “ICRP Publication 99: Low-dose Extrapolation of Radiation-related Cancer Risk” (ICRP, 2005) sustentam que estudos epidemiológicos baseados no risco de exposição a radiações ionizantes são os que oferecem a informação mais relevante e direta quanto à proteção contra as radiações (ICRP, 2005).

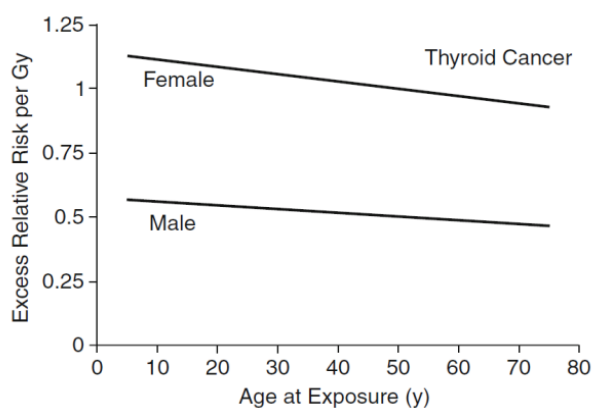
No entanto, sabe-se que os riscos de exposição a baixas doses são extrapolados com base em estudos de exposição a altas doses de radiação. Consequentemente, tais riscos são muito inferiores aos observados em populações expostas a centenas

ou milhares de mGy. O problema da quantificação de riscos tão baixos pode ser o facto de serem praticamente inobserváveis, o que torna difícil expor recomendações políticas baseadas nestas quantificações (ICRP, 2005).

No caso do cancro da tiroide, segundo o modelo BEIR VII para baixo LET depende do sexo, sendo que a incidência está em função da idade e tempo de exposição (Eq. 4);

$$ERR = \beta_e^{-0,083\left(\frac{\epsilon-30}{30}\right)} \quad \text{Eq. 4}$$

onde  $\beta=0,53$  no homem e  $\beta=1,05$  na mulher e onde  $\epsilon$  é a idade (em anos) no momento da exposição. No entanto, o valor de ERR tem de ser multiplicado pela taxa de incidência natural de cancro da tiroide, para se poder determinar a variação da incidência devido à radiação ionizante. Na Figura 7 observa-se como o ERR varia em função da idade de exposição e também que o risco de cancro da tiroide devido a exposição a radiações é superior na mulher (McParland, 2010).



**Figura 7. ERR por unidade de dose absorvida (Gy) na incidência do cancro da tiroide no homem e na mulher, em função da idade de exposição segundo o modelo BEIR VII**

Fonte: McParland (2010).



## 2.3 RISCO DE EXPOSIÇÃO A BAIXA DOSE DE RADIAÇÃO

O conceito de **baixa dose** de radiação apresenta alguma controvérsia no seu valor quantitativo, e.g. o relatório da *American National Academy of Sciences* “Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR<sup>3</sup> VII, Phase 2” (Monson *et al.*, 2006), a ICRP e a UNSCEAR consideram  $\leq 100$  mSv, (UNSCEAR, 2011; Wrixon, 2008).

Existem no entanto outras categorizações e respetivos intervalos de dose, adotadas pela UNSCEAR no relatório de 2012 (UNSCEAR, 2015), as quais estão representadas na Tabela 1.

No entanto, esta terminologia considera intervalos de dose aproximados e é utilizada para definir intervalos de dose absorvida total (de corpo inteiro, em órgãos ou tecidos específicos), que devem ser somados à dose devida à exposição a radiação de fundo de origem natural (UNSCEAR, 2015).

**Tabela 1. Terminologia para bandas de dose de radiação adotadas pela UNSCEAR**

Categorização em função do intervalo de dose	Gama de dose absorvida para radiação de baixo LET
<b>Alta</b>	Superior a cerca de 1 Gy
<b>Moderada</b>	Cerca de 100 mGy a cerca de 1 Gy
<b>Baixa</b>	Cerca de 10 a cerca de 100 mGy
<b>Muito baixa</b>	Menos do que 10 mGy

Fonte: Adaptado de UNSCEAR ( 2015).

Um dos estudos desenvolvidos pela UNSCEAR foi o “efeito das baixas doses de radiação na saúde”. O objetivo principal era fornecer estimativas baseadas em evidências dos riscos para a saúde humana, devido à exposição a baixas doses a que podem estar expostos em todo o mundo os membros do público, trabalhadores e doentes submetidos a procedimentos médicos (UNSCEAR, 2011).

Vários relatórios, cujo foco é a exposição a baixas doses de radiação, têm sido publicados.

---

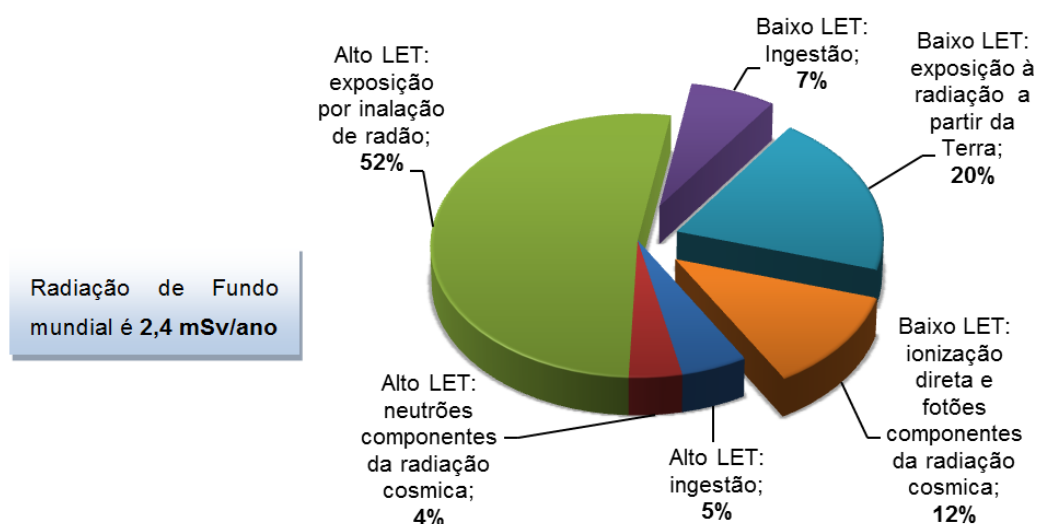
<sup>3</sup> BEIR, *Biological Effects of Ionizing Radiation*.

O relatório BEIR VII centra-se nos efeitos das radiações ionizantes de baixo LET na saúde, os quais suscitam preocupação. Esses efeitos incluem o cancro, doenças hereditárias e outros efeitos, tais como doença cardíaca (UNSCEAR, 2011).

O relatório da UNSCEAR, citado por Monson *et al.* (2006) estima que a população mundial está exposta a um valor médio de dose devido à radiação de fundo de origem natural de  $2,4 \text{ mSv.ano}^{-1}$ , sendo 39% de baixo LET e 61% de alto LET. A Figura 8 representa a percentagem relativa mundial de todas as fontes de radiação de fundo natural (baixo LET e alto LET).

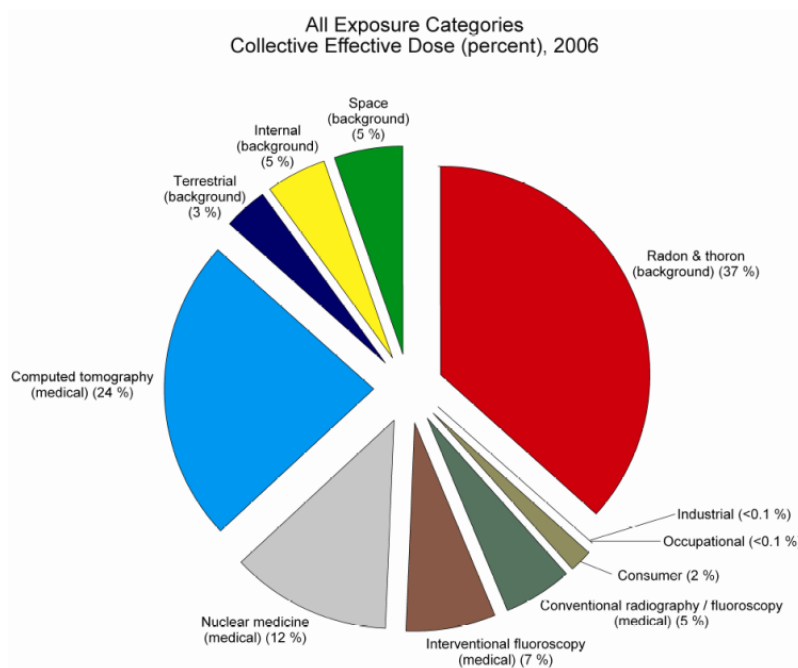
O relatório da *National Council on Radiation Protection and Measurements* (NCRP) indica que em 2006 a população dos EUA esteve exposta sete vezes mais a radiações ionizantes por procedimentos médicos relativamente a anos anteriores, tal como sucedeu no início dos anos 80. Em 2006, este aumento foi principalmente devido ao acréscimo do número de Tomografia Computadorizada e de procedimentos de Medicina Nuclear (NCRP, 2009, 2009).

Estas duas modalidades de imagem contribuíram com 36% da exposição total à radiação e 75% da exposição médica à radiação da população dos EUA; a radiação de fundo corresponde a 50% da radiação total (Figura 9) (NCRP, 2009, 2009).



**Figura 8. Fontes de radiação de fundo a nível mundial**

Fonte: Adaptado de UNSCEAR (2000), citado por Monson, Cleaver, Abrams et al. (2006).



**Figura 9. Dose efetiva coletiva (%) das fontes de radiação geradas pelo Homem em relação à radiação de exposição natural de fundo (50%), na população dos EUA em 2006**

Fonte: NCRP (2009).

Segundo a ICRP (2007), os valores de 2007 (Tabela 2) foram baseados em dados da incidência de cancro, ponderados pela letalidade e prevalência da doença. No entanto, os valores de 1990 (Tabela 2) fundamentaram-se no risco de cancro fatal ponderado para o cancro não fatal, os anos de vida relativos perdidos para os cancros fatais e o detrimento das condições de vida para o cancro não-fatal. Assim, com base nestes dados, os danos por efeitos estocásticos mantiveram-se inalterados e próximos de 5% por Sv. No entanto os danos totais são um pouco mais baixos, o que reflete em grande parte a redução do risco de efeitos hereditários graves (ICRP, 2007; Wrixon, 2008).

**Tabela 2. Coeficiente de risco nominal ajustado ao detrimento para efeitos estocásticos, após exposição a baixa dose de radiação (unidades:  $10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ )**

Exposição da população	Cancro		Efeitos hereditários		Detrimento total	
	2007	1990	2007	1990	2007	1990
<b>Integral</b>	5,5	6,0	0,2	1,3	5,7	7,3
<b>Adulta</b>	4,1	4,8	0,1	0,8	4,2	5,6

Fonte: Adaptado de ICRP (2007).

Em 2010, a UNSCEAR apresentou estimativas do risco relativo a efeitos carcinogénicos e hereditários associados às radiações ionizantes e constatou que existem patologias não carcinogénicas, como distúrbios circulatórios e cataratas, que podem naturalmente surgir na população, mas com maior incidência nas populações expostas a doses de radiação mais elevadas (UNSCEAR, 2011).

As estimativas dos riscos fundamentam-se na evidência de estudos epidemiológicos, nomeadamente em estudos dos sobreviventes da bomba atómica, estudos médicos de doentes expostos a radiação ionizante, estudos de radiação ocupacional e estudos ambientais (Monson *et al.*, 2006; Vaiserman, 2010).

Na população em geral o coeficiente de risco nominal ajustado ao detrimento, após exposição a baixas doses ou baixa taxa de dose de radiação ionizante, é de 5,5% por Sv para cancro e de 0,2% por Sv para os efeitos genéticos (Wakeford, 2012).

O risco quantitativo de cancro para exposição a baixas doses de radiação ionizante estima-se com base em estudos epidemiológicos, realizados em grupos populacionais expostos a altas doses de radiação ionizante (Vaiserman, 2010).

A falta de conhecimentos científicos relativos aos efeitos biológicos e mecanismos induzidos pelas baixas doses de radiação ionizante fundamentam a estimativa de resultados, por extrapolação do risco para exposição a baixas doses com base nos resultados da exposição a altas doses de radiação ionizante (Monson *et al.*, 2006; Vaiserman, 2010; Wakeford, 2012).

A relação entre a dose de radiação ionizante e os efeitos na saúde explica-se através da utilização de modelos de risco.

## 2.4 EXPOSIÇÃO EXTERNA E INTERNA A RADIAÇÕES IONIZANTES

O termo “exposição” também é definido como o contacto físico do corpo humano com a radiação. A exposição a radiações ionizantes pode resultar numa exposição interna ou externa, podendo ocorrer através de várias vias (WHO, 2016).

A expressão “**Exposição interna**” utiliza-se quando se pretende designar a exposição a que os tecidos humanos estão sujeitos em contacto com radiações ionizantes por radionuclídeos que foram incorporados no organismo por meio de inalação, ingestão, injeção ou outras vias (Khaled, 2012; WHO, 2016). A designação “**exposição externa**” refere-se à irradiação de tecidos humanos por radiações ionizantes emitidas por radionuclídeos localizados fora do organismo, dispersos no ar

ou na água, em superfícies da pele ou depositados na superfície do solo (Khaled, 2012; WHO, 2016). Todos os tipos de radiações ionizantes podem contribuir para a exposição interna, no entanto apenas as radiações por fótons, beta e nêutrons contribuem significativamente para a radiação externa (Khaled, 2012; WHO, 2016).

A determinação das doses de exposição internas e externas é uma componente fundamental no programa de monitorização individual para os trabalhadores, doentes e membros do público (Khaled, 2012).

A ICRP 78 (ICRP, 1997, 1999) descreve alguns dos métodos de monitorização individual, que podem ser realizados individualmente ou combinados. Das diferentes técnicas que podem ser aplicadas, todas têm as suas vantagens e desvantagens.

Os métodos de monitorização individual podem considerar-se (i) medidas *in vivo*, (ii) análise de excreções ou material biológico e (iii) amostras de ar. Os métodos apontados necessitam de ter procedimentos técnicos que garantam a veracidade dos resultados (ICRP, 1997). A técnica aplicada também depende do radionuclídeo, ou seja, se é emissor  $\gamma$ ,  $\beta$  ou  $\alpha$  (ICRP, 1997).

No método de medidas *in vivo*, pode ser aplicada a técnica de avaliação da atividade existente no corpo por medida de contagens do radionuclídeo presente. A medida das contagens pode ocorrer num órgão específico e/ou no corpo inteiro. Existem métodos que permitem estimar a exposição interna, como é o caso do método de Monte Carlo na dosimetria interna *in vivo*.

O método de análise de excreções incide em amostras de urina, fezes ou ar exalado (ICRP, 1997; ISHIGURE, 1999). Na amostra de urina há três condições fundamentais: primeira – no processo de recolha da amostra, há que garantir que não houve contaminação; segunda – o ideal é ser uma amostra de urina de 24 horas, mas caso não seja possível pode ser uma amostra “simples”, isto é, de uma micção que, no entanto pode não ser representativa; terceira – o volume da amostra depende da sensibilidade da técnica analítica a realizar (ICRP, 1997). Na amostra de fezes, uma amostra simples envolve incertezas associadas à excreção intestinal, por isso sugere-se que se realize a recolha de amostras de vários dias. Na análise de material biológico, o radionuclídeo (emissor  $\gamma$ ,  $\beta$  ou  $\alpha$ ) condiciona a técnica a aplicar na deteção da radiação. Na medida da atividade do ar exalado a técnica a aplicar também depende do tipo de radionuclídeo (ICRP, 1997).

Por último, na análise do ar ambiental, a amostra tem de ser específica da zona de exposição para se poder estimar a atividade incorporada pela pessoa. Na recolha da amostra devem utilizar-se filtros adequados, em função do tipo de radionuclídeo, e

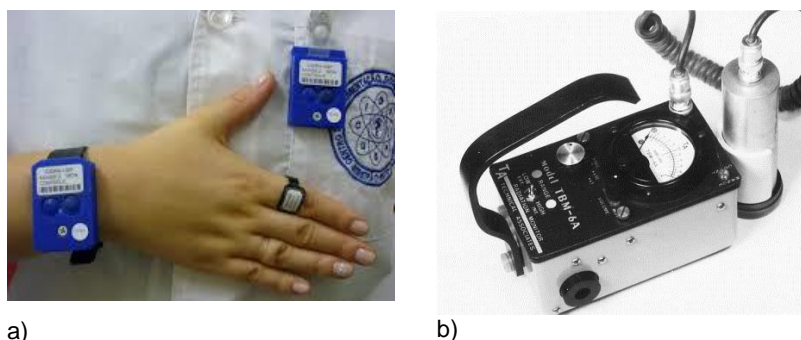
bombas de ar devidamente calibradas (ICRP, 1997). É fundamental que se conheçam as características das partículas presentes, como o Diâmetro Aerodinâmico da Mediana da Atividade (AMAD, do acrónimo em inglês *Activity Median Aerodynamic Diameter*) (ICRP, 1997).

Estudos em seres humanos expostos a fontes internas ou externas de radiação ionizante mostraram que a incidência de cancro acentua-se com o aumento da exposição à radiação. No entanto, o aumento de incidência está geralmente associado a doses e frequências de exposição consideravelmente maiores do que as encontradas no ambiente. Portanto, estimativas de risco de pequenas doses obtidas por longos períodos de tempo são determinadas pela extrapolação dos efeitos observados em altas doses agudas. Os tumores malignos em vários órgãos aparecem com maior frequência após a exposição à radiação, geralmente 10 a 35 anos depois (NAS 1980, 1988; UNSCEAR 1982, 1988).

#### **2.4.1 Sistemas de leitura das doses de exposição**

Existem vários métodos para determinar, monitorizar, caracterizar e medir as doses e débitos de dose de radiação a que os indivíduos estão expostos. A escolha do método depende do objetivo da sua aplicação e dos custos associados (IAEA, 2009). Normalmente, na terapêutica com  $^{131}\text{I}$  são utilizados dois instrumentos de medida – os *survey meters* e monitores individuais (Figura 10) (IAEA, 2009).

Os *survey meters* são usados na deteção e medição da energia média dos fotões do  $^{131}\text{I}$ . Podem ser utilizados na monitorização de contaminação e deteção de fotões e eletrões, emitidos pelo  $^{131}\text{I}$  (IAEA, 2009).



**Figura 10. Instrumentos de medida da radiação. Dosímetros termoluminescentes (a) e *survey meter* (b)**

Fonte: a) METROBRAS, n.d. b) DOTmed (2018)

Na monitorização de dose pessoal são utilizados dosímetros individuais, para medir o equivalente de dose individual (IAEA, 2009).

O **dosímetro** é um equipamento utilizado para a medição de kerma no ar ou produto kerma no ar, comprimento e/ou débito de kerma no ar, no feixe de uma máquina de raios X utilizada nos exames médicos radiológicos de diagnóstico, Também se usa para medir a dose absorvida, ou os correspondentes débitos, em campos de radiação de fótons ou elétrons como os utilizados em radioterapia ou em outras aplicações onde se utilizem feixes de radiação de elevada intensidade (Decreto-Lei n.º 186/2009, 2009)

No mercado há vários tipos de dosímetros individuais, tais como: de extremidades, de corpo inteiro, discriminador e de leitura direta, os quais têm diferentes aplicações.

Além dos diferentes tipos de dosímetros também existem três métodos de dosimetria: a fotográfica, por termoluminescência (TLD) e eletrónica. As características dos métodos de leitura dos dosímetros encontram-se descritas na Tabela 3.

**Tabela 3. Parâmetros dos dosímetros fotográficos, TLD e eletrónicos**

Parâmetros		Fotográfico	TLD	Eletrónico
Detetor para tecido equivalente		-	+	-
Adequado para radiação de fótons		15 keV - 3 MeV	10 keV - 10 MeV	20 keV - 10 MeV
Adequado para radiação beta		$E_{\max} > 500$ keV	Depende do tipo	$E_{\max} > 500$ keV
Adequado para neutrões		Térmica	Reflexão	-
Adequado para dosimetria de extremidades		-	+	-
Dose linear		-	+	+
Intervalo de dose $H_p(10)$	baixa	0,1 mSv	0,01 mSv	0,002 mSv
	alta	10 Sv	2 Sv	10 Sv
Intervalo de dose $H_p(0,07)$	baixa	0,1 mSv	1 mSv	0,002 mSv
	alta	10 Sv	2 Sv	10 Sv
Exatidão		+	+	+
Precisão		$\pm$	+	+
Estabilidade de longa duração		-	+	+
Sensível a altas temperaturas ambientais		Sim	Não	Não
Sensível a altas humidades ambientais		Sim	Não	Não
Sensibilidade à luz		Sim	Limitado	Não

$H_p(10)$  = Equivalente de dose individual a 10 mm;  $H_p(0,07)$  = Equivalente de dose individual a 0,07 mm.

Fonte: Adaptado de IAEA (2004).

Neste estudo utilizaram-se dosímetros TLD na monitorização da dose a que estão expostos os familiares/cuidadores, por isso será dado destaque ao método de dosimetria por termoluminescência ou utilizando dosímetros TLD.

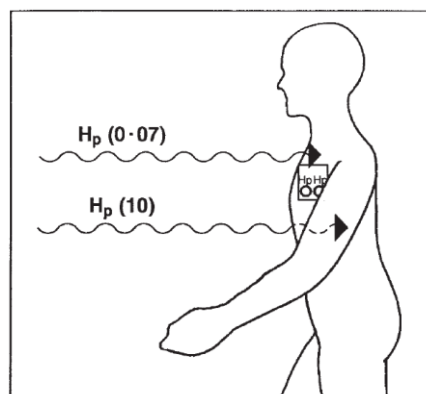
#### 2.4.1.1 Dosimetria por TLD

A dosimetria por TLD, segundo Cherry, Sorenson e Phelps (2012), baseia-se na interação produzida pela radiação nalguns cristais, geralmente Fluoreto de Lítio dopado com Magnésio e Titânio (LiF:Mg,Ti), ou dopado com Magnésio, Cobre e Fósforo (LiF:Mg,Cu,P). O mecanismo físico consiste na excitação de alguns eletrões, provocada pela radiação incidente, desde a banda de condução. Alguns destes eletrões, em vez de regressarem à banda de valência, ficam retidos em bandas energéticas associadas às impurezas (Mg), existentes na banda proibida. Desta forma, considera-se que o cristal tem um estado metastável de energia cuja população depende da quantidade de eletrões excitados e, portanto, de quantidade de radiação incidente (Cherry, Sorenson e Phelps, 2012).

Para se medir a energia acumulada pela radiação, é necessário fornecer energia adicional ao cristal (por aquecimento por exemplo), de forma que os eletrões passem do estado metastável, para o estado inicial de energia (Cherry, Sorenson e Phelps, 2012). Nesta passagem, emitem energia que é utilizada para determinar a quantidade de radiação que chegou ao cristal (Carapinha, 2009; Cherry, Sorenson e Phelps, 2012).

A energia resultante da passagem dos eletrões do estado metastável para a banda de valência é sempre emitida sob a forma de luz visível e é a partir desta intensidade de energia luminosa que se determina a intensidade de radiação incidente.

As grandezas operacionais para radiação externa são usadas para monitorização individual com objetivo de proteção contra as radiações (Decreto-Lei n.º 222/2008, 2008). No **Equivalente de dose individual  $H_p(d)$** ,  $d$  representa a profundidade em milímetros no corpo (Figura 11). Para uma radiação fortemente penetrante assume-se uma profundidade de 10



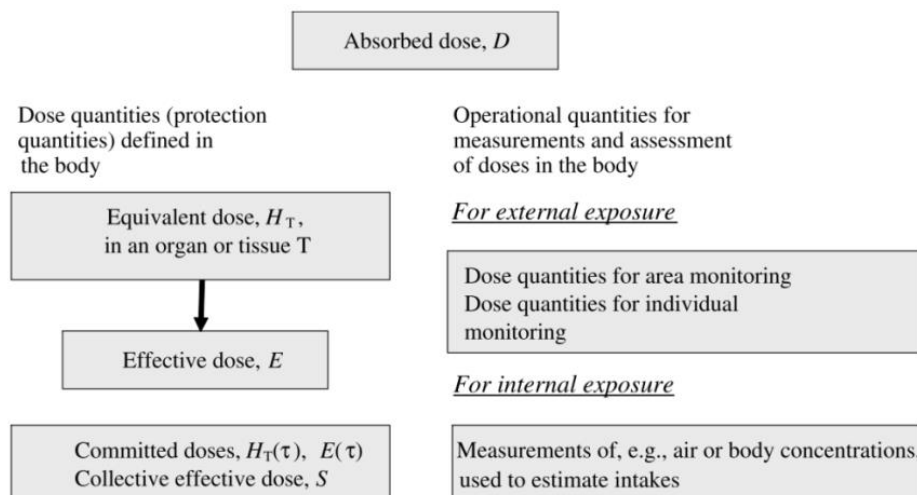
**Figura 11. Monitorização da exposição externa. Os dosímetros medem as doses em profundidades**

Fonte: IAEA (2004).



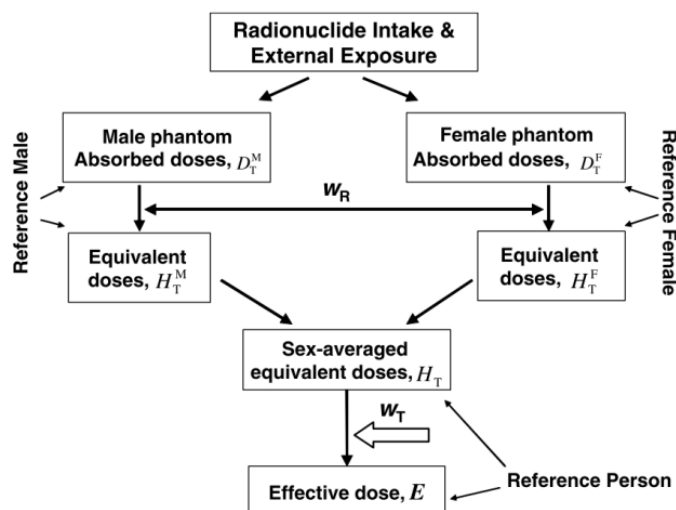
mm e para uma radiação fracamente penetrante, é recomendável a profundidade de 0,07 mm para a pele e 3 mm para o olho (Decreto-Lei n.º 222/2008, 2008; IAEA, 2004).

A Figura 12 apresenta esquematicamente o sistema de proteção e operacionalização de medidas de quantidades de dose usado na proteção radiológica (ICRP, 2007).



**Figura 12. Sistema de proteção e operacionalização de medidas de quantidades de dose usado na proteção radiológica**

Fonte: ICRP 103 (ICRP, 2007).

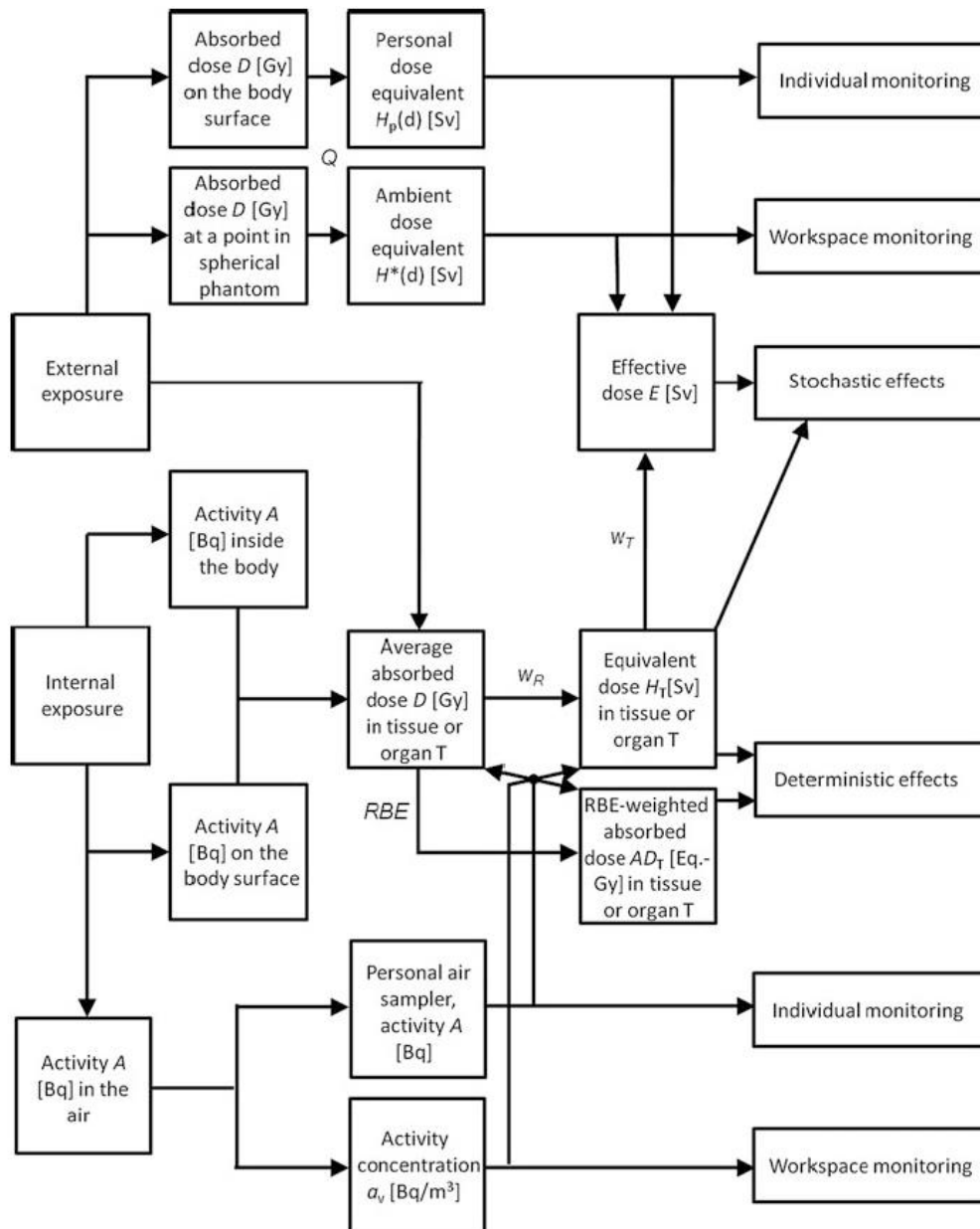


**Figura 13. Metodologia de cálculo da dose efetiva**

Fonte: ICRP 103 (ICRP, 2007).

Na Figura 13, estão representadas as principais quantidades utilizadas no atual sistema de proteção contra radiações, quantificando a exposição em termos de efeitos estocásticos e reações tecidulares (determinísticos) por exposição a radiação externa e interna (Mattsson e Söderberg, 2013).

A metodologia de cálculo da dose efetiva com fatores de ponderação específicos do sexo apresenta-se Figura 14 (ICRP, 2007).



**Figura 14. Principais quantidades utilizadas no sistema atual de proteção contra radiações, quantificando a exposição em termos de efeitos estocásticos e reações tecidulares (determinísticos) devido a radiação externa e interna**

Fonte: Mattsson & Söderberg (2013).

## 2.5 MODELOS BIOCINÉTICOS EM DOSIMETRIA INTERNA

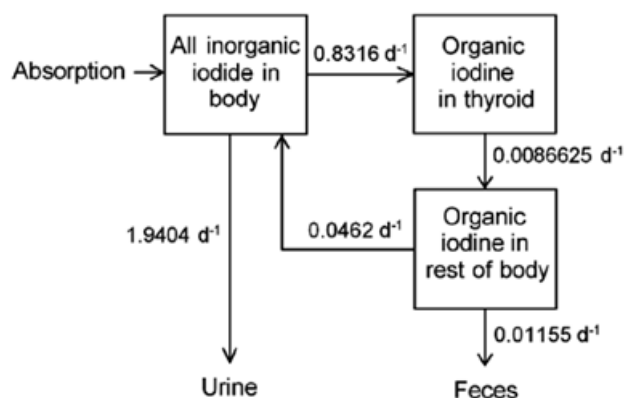
Os modelos biocinéticos são modelos compartimentais com taxas de transferências compartimentais definidas em função do radionuclídeo a estudar.

A Figura 15 e Figura 18 representam modelos biocinéticos do  $^{131}\text{I}$ , variando entre eles o número de compartimentos correspondentes a diferentes órgãos (Leggett, 2010).

A exposição a altas doses de  $^{131}\text{I}$  pode causar danos nos órgãos, daí a necessidade de determinar com exatidão a dose equivalente nos respectivos órgãos de interesse (Khaled, 2012).

O risco acrescido da exposição a radiações ionizantes, nos diferentes atores, tem despertado a necessidade de investigar os limiares a que estão expostos.

O modelo biocinético a estudar depende se é uma exposição crônica ou aguda e se a contaminação foi por inalação de vapores ou partículas, ingestão ou administração endovenosa. A via de contaminação condiciona o modelo biocinético a estudar. No caso da Figura 15 e Figura 18 representam modelos metabólicos do iodo.



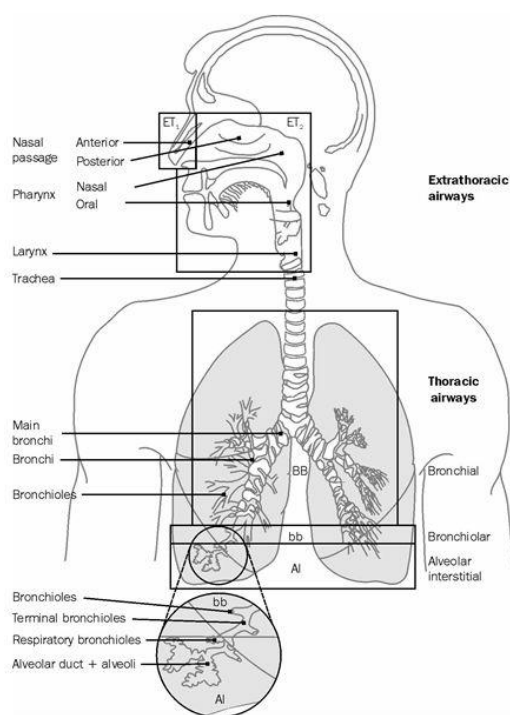
**Figura 15. Modelo biocinético apresentado por Riggs (1952) para o iodo-131 muito utilizado em proteção contra radiação, com os atuais coeficientes de transferência, da ICRP para trabalhadores**

Fontes: Leggett (2010).

No modelo biocinético do metabolismo do iodo apresentado na Figura 15, assume-se que assim que o iodo entra na circulação sanguínea, 30% fixa-se na tireoide e os restantes 70% são excretados diretamente por via urinária. O tempo de semivida biológica no sangue é considerado de 0,25 dias. O iodo incorporado nas hormonas tireóideas é eliminado da tireoide aproximadamente após 80 dias e vai passar por outros

tecidos onde fica com uma semivida de 12 dias. A maioria (80%) do iodo é subsequentemente libertado e fica em circulação na forma livre para poder ser captado pela tiroide e excretado por via urinária, os restantes (20%) são excretados nas fezes (ICRP, 1997, 1999, 2002).

No modelo do trato respiratório humano da ICRP 66, este é representado por cinco regiões com base nas diferenças de sensibilidade, deposição e depuração (Figura 16). As vias aéreas extratorácicas (cabeça e pescoço) (ET) são divididas em ET<sub>1</sub>, a passagem nasal anterior (frente do nariz), e ET<sub>2</sub>, que consiste nas passagens nasais e orais posteriores, faringe e laringe. As regiões torácicas (pulmões) são brônquicas (BB, traqueia e brônquios), bronquiolares (bb) e alveolar-intersticial (AI, região de trocas gasosas). Os gânglios linfáticos estão associados às vias aéreas extratorácica e torácica (LN<sub>ET</sub> e LN<sub>TH</sub>, respetivamente) (ICRP, 1994).



**Figura 16. Modelo do Trato Respiratório Humano**

Fonte: ICRP (1994).

A incorporação (*intake* em inglês) de um radionuclídeo é a atividade que entra no corpo através do sistema respiratório, sistema gastrointestinal ou da pele. Considera-se uma incorporação aguda, caso seja uma única, por inalação ou ingestão, que decorre num curto intervalo de tempo. A incorporação considera-se crónica quando decorre durante um período de tempo específico (ICRP, 2007).

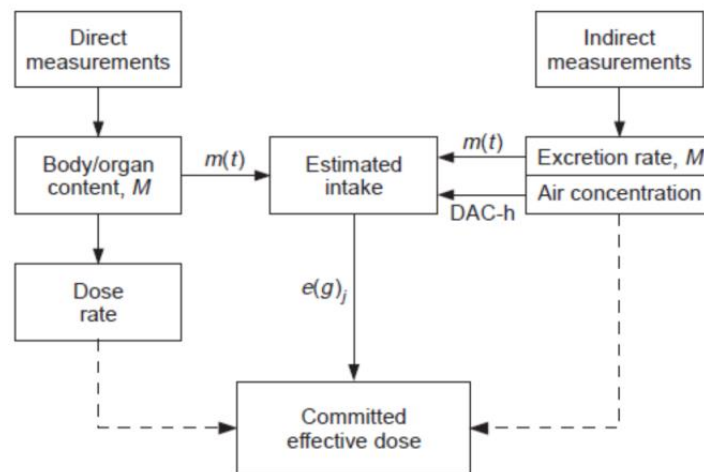
Para estimar as doses comprometidas incorporadas no organismo e conhecido o período de monitorização a ICRP 78 recomenda determinar o *Intake* segundo a equação Eq. 5 (ICRP, 1997, 1999, 2002):

$$Intake = \frac{M}{m(t)} \quad \text{Eq. 5}$$

onde M representa a atividade medida e m(t) a atividade medida num período de tempo (dias), isto é o m(t) resulta da diferença em dias entre a data em que foi medida a amostra e a data a que reporta a colheita da amostra. A dose efetiva comprometida (E) resulta do produto do *Intake* pelo coeficiente de dose (e(g)).

$$E = Intake \times e(g) \quad \text{Eq. 6}$$

A Figura 17 apresenta esquematicamente a relação da incorporação de um radionuclídeo e a dose efetiva comprometida.



**Figura 17. Relação da incorporação de um radionuclídeo e a Dose Efetiva Comprometida**

Fonte: ICRP (1997).

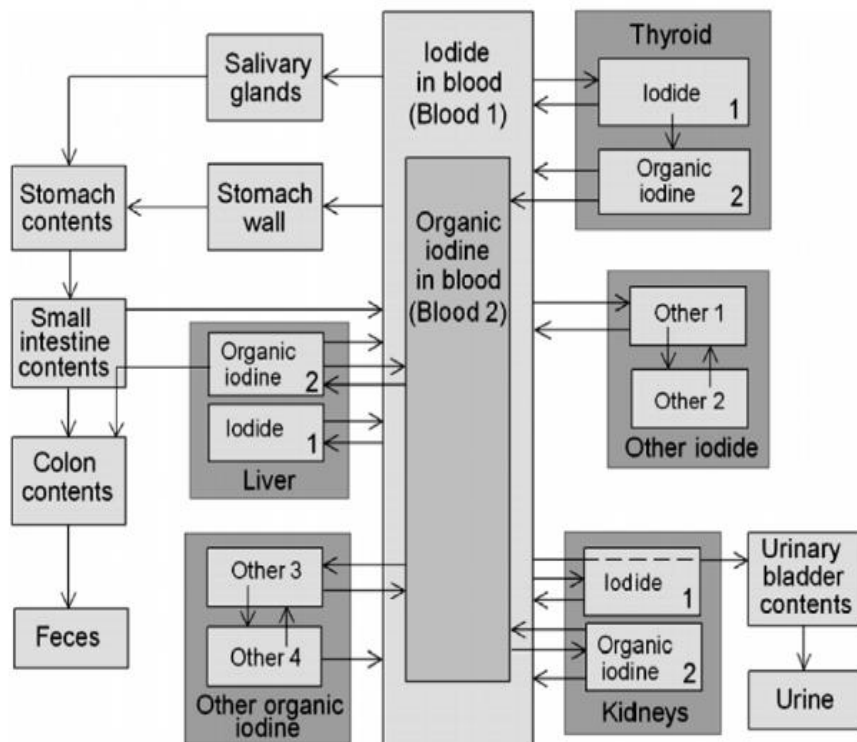


Figura 18. Modelo biocinético proposto por Leggett (2010) (esq.) com coeficientes de transferências (dta.) de iodeto inorgânico e estimativas de troca de entre os principais compartimentos

Fontes: Leggett (2010).

Baseline Parameter Values for the Proposed Biokinetic Model for Systemic Iodine, Applicable to a Reference Adult

Pathway	Transfer coefficient (day <sup>-1</sup> )
Blood 1 to Thyroid 1	7.26 <sup>a</sup>
Blood 1 to Urinary bladder contents	11.84
Blood 1 to Salivary glands	5.16
Blood 1 to Stomach wall	8.60
Blood 1 to Other 1	600
Blood 1 to Kidneys 1	25
Blood 1 to Liver 1	15
Salivary glands to Stomach contents	50
Stomach wall to Stomach contents	50
Thyroid 1 to Thyroid 2	95
Thyroid 1 to Blood 1	36
Thyroid 2 to Blood 2 <sup>b</sup>	0.0077
Thyroid 2 to Blood 1	0 <sup>c</sup>
Other 1 to Blood 1	330
Other 1 to Other 2	35
Other 2 to Other 1	56
Kidneys 1 to Blood 1	100
Liver 1 to Blood 1	100
Blood 2 to Other 3	15
Other 3 to Blood 2	21
Other 3 to Other 4	1.2
Other 4 to Other 3	0.62
Other 4 to Blood 1	0.14
Blood 2 to Kidneys 2	3.6
Kidneys 2 to Blood 2	21
Kidneys 2 to Blood 1	0.14
Blood 2 to Liver 2	21
Liver 2 to Blood 2	21
Liver 2 to Blood 1	0.14
Liver 2 to Right colon contents	0.08
Stomach contents to SI contents	20.57
SI contents to Colon contents	6.0
SI contents to Blood 1	594
Urinary bladder contents to Urine	12

<sup>a</sup> Depends on the ratio Y/S, where Y (μg day<sup>-1</sup>) is dietary intake of stable iodine and S (μg day<sup>-1</sup>) is the rate of secretion of hormonal stable iodine by the thyroid.

<sup>b</sup> For high intake of stable iodine the outflow from Thyroid 2 is split between Blood 2 and Blood 1 as described in the text.

<sup>c</sup> Non-zero only for high dietary stable iodine. See text.

Incorporado o radionuclídeo a sua deposição está dependente de vários fatores.

Na deposição consideram-se os diferentes compartimentos do modelo biocinético separados por filtros e avalia-se a sua eficiência levando em consideração (i) as propriedades aero e termodinâmicas das partículas inaladas, que dependem sobretudo do AMAD e (2) a taxa de exalação do indivíduo (depende se está sentado, em trabalho leve, exercício pesado). Para o  $^{131}\text{I}$  os valores por defeito para os parâmetros (1) AMAD = 5mm e (2) trabalho leve (ICRP, 1997, 1999, 2002).

No modelo do trato respiratório a absorção depende das características físicas e químicas dos materiais incorporados. Segundo a ICRP 78 a absorção pode ser rápida (fast) (*Type F*), moderada (*Type M*) ou lenta (*slow*) (*Type S*) (ICRP, 1997, 1999, 2002).

Para os radionuclídeos inalados em forma de partículas, pressupõe-se que a entrada e deposição dependem do tamanho das partículas no aerossol. A situação é diferente para os gases e vapores, a entrada do radionuclídeo no trato respiratório depende da composição química do composto. O modelo proposto pelo ICRP 78 classifica os gases e vapores em três classes Classe SR-0 (insolúvel ou não reativa), Classe SR-1 (solúvel ou reativa) e Classe SR-2 (altamente solúvel ou reativa) (ICRP, 1997, 1999, 2002).

A determinação da incorporação do  $^{131}\text{I}$  é de fácil deteção. A espetrometria gama é uma das técnicas de medida. Caso exista o bloqueio da tiroide para captar iodo, o  $^{131}\text{I}$  é excretado por via urinária. A taxa de excreção urinária diminui rapidamente ao longo do tempo, daí ser preferível monitorizar a captação do  $^{131}\text{I}$  pela tiroide. Os limites de deteção por espetrometria gama são de 100 Bq na tiroide com medidas *in vivo* e de 1 Bq.L<sup>-1</sup> numa amostra biológica de urina (Figura 19) (ICRP, 1997, 1999, 2002).

Method of measurement		Typical detection limit
$\gamma$ -ray spectrometry <i>in vivo</i>	Thyroid	100 Bq
$\gamma$ -ray spectrometry on biological samples	Urine	1 Bq L <sup>-1</sup>

**Figura 19. Técnicas de medida do  $^{131}\text{I}$**

Fonte: ICRP (1997).

## 2.6 RESTRIÇÕES DE DOSE E LIMITES DE DOSE

O termo restrição de dose (Anexo 1) foi introduzido nas recomendações da ICRP de 1990 (Wrixon, 2008). A introdução deste conceito teve como objetivo "limitar a

desigualdade que provavelmente resultaria dos julgamentos económicos e sociais inerentes", na otimização de práticas na proteção (Wrixon, 2008).

As restrições de doses "são níveis máximos para efeitos de otimização. Não são limites de dose legais, mas são previsões de valores que servem de orientação e não devem ser ultrapassados" (Comissão Europeia, 1999; ICRP, 2004).

A ICRP utiliza o termo **nível de referência** no contexto de situações de exposição "para a restrição de dose ou risco, acima do qual se julga inadequado permitir planejar a ocorrência de exposições e abaixo do qual deve ser implementada a otimização da proteção" (Wrixon, 2008). Tal como acontece com as restrições de dose, as opções que resultam em doses maiores em magnitude do que o nível de referência devem ser rejeitadas na fase de planeamento (Wrixon, 2008).

Para as restrições de dose e níveis de referência, a ICRP considera três intervalos conforme expressos na Tabela 4.

Face aos pressupostos dos efeitos biológicos das radiações ionizantes, é imprescindível a existência de limites de dose para que o risco de exposição a radiações ionizantes esteja balizado.

O Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de Novembro, transpõe parcialmente para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de Maio, onde referencia os limites de doses fixados para os trabalhadores, aprendizes e estudantes, e membros do público (Tabela 5), expostos a radiações ionizantes (Decreto-Lei n.º 222/2008, 2008).

**Tabela 4. Restrições de dose e níveis de referência, segundo a ICRP**

<b>Intervalos de dose efetiva (mSv), (exposição aguda ou anual)</b>	<b>Características</b>	<b>Requisitos</b>	<b>Exemplos</b>
20-100	Controlado pela ação na via de exposição.	Considerar a possibilidade de reduzir as doses.	Nível de referência para emergência radiológica.
1-20	Controlado pela ação na fonte ou via de exposição.	Para situações de exposição planeadas, avaliação da dose individual.	Restrições na exposição ocupacional. Restrições para os cuidadores de pacientes tratados com radiofármacos. Nível de referência do radão na habitação.
<1	Controlado pela ação na fonte.	Verificações periódicas da via de exposição.	Restrições à exposição pública em situações planeadas.

Fonte: Adaptado de Wrixon, 2008.



**Tabela 5. Limite de dose para os trabalhadores expostos, público e outros, segundo o Decreto-Lei n.º222/2008**

	<b>Trabalhadores expostos (mSv/ano)</b>	<b>Público (mSv/ano)</b>	<b>Outros</b>
Limite de dose	100 mSv/5ano (não ultrapassar 50)	1	Aprendizes e estudantes (art.º 6º) e proteção a grávidas e aleitação (art.º 7º) são também contemplados no D.L 222/08
Cristalino	150	15	
Pele	500	50	
Extremidades	500	50	

Fonte: Adaptado de Decreto-Lei n.º 222/2008 (2008).

No entanto, o limite de dose de 1 mSv para o público, segundo a alínea b) n.º 4 do artigo 6.º da Diretiva n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de Maio (Council Directive 96/29/EURATOM, 1996), estabelece que não se aplica à:

“exposição de indivíduos que, com conhecimento de causa e de livre vontade (sem que isso faça parte da sua ocupação), participem no apoio e no reconforto a doentes internados e a doentes ambulatoriais submetidos a um diagnóstico ou tratamento médico”. (p. L 159/7-159/8)

## 2.7 EXPOSIÇÃO A $^{131}\text{I}$

Os doentes submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$  são uma fonte de exposição para outras pessoas, donde emerge na necessidade de criar instrução quanto ao comportamento dos doentes no intuito de limitar as doses para os familiares, amigos próximos e terceiros (Comissão Europeia, 1999; ICRP, 2004).

As restrições de dose para familiares e amigos próximos de doentes com terapêutica de  $^{131}\text{I}$  estão representadas na Tabela 6.

**Tabela 6. Restrição de dose para familiares e amigos próximos, de doentes com terapêutica de  $^{131}\text{I}$ , segundo a ICRP 97 e ICRP 94**

Grupo de pessoas	Restrição de dose (mSv)	
	ICRP 97	ICRP 94
Crianças* (incluindo nascituros*)	1	1
Adultos com <60 anos	3	5
Adultos com ≥60 anos	15	15
Público	0,3	0,3

\* Crianças com ≤10 anos. \*\*Nos nascituros incluem-se os embriões e fetos.

Fonte: Adaptado de (Comissão Europeia, 1999; European Commission, 1998; ICRP, 2004).

A duração do número de dias de restrição para o doente varia em função do débito de dose efetiva, medida a 1 metro de distância (Comissão Europeia, 1999).

Todavia, podem usar-se outros métodos que impliquem diferentes durações *cf.* o representado na Tabela 7.

**Tabela 7. Débito de dose efetiva a 1 metro de distância, estimativa das atividades (residuais) correspondentes e períodos de aplicação das instruções**

<b>Débito de dose efetiva a 1 metro de distância do doente (<math>\mu\text{Sv.h}^{-1}</math>)</b>	<b>Correspondente a uma atividade (residual) estimada de (MBq)</b>	<b>Período recomendado para aplicação das instituições</b>
<b>&lt;40</b>	<800	3 semanas
<b>&lt;20</b>	<400	2 semanas
<b>&lt;10</b>	<200	1 semana
<b>&lt;5</b>	<100	4 dias
<b>&lt;3</b>	<60	24 horas após administração

Fonte: Adaptado de Comissão Europeia, 1999; European Commission, 1998.

## Capítulo 3 - Iodo-131 na Terapêutica de Doenças da Tireoide

---

A relação entre a Medicina Nuclear e a Endocrinologia, na perspetiva do diagnóstico e da terapêutica de patologias da tireoide, assenta no conhecimento da atividade funcional da tireoide e do metabolismo do iodo. Uma das primeiras intervenções da Medicina Nuclear foi a utilização de iodo radioativo no estudo da função da glândula tireoideia. Em 1939, Hamilton e Soley foram os primeiros a utilizar  $^{131}\text{I}$  no tratamento de doentes com hipertireoidismo (Sawin e Becker, 1997; Wagner, 2006), que posteriormente foi alargado ao tratamento do cancro da tireoide e das suas metástases (Paloma Muñoz *et al.*, 2012).

Relativamente às doenças da tireoide, existem vários meios de diagnóstico e terapêuticas disponíveis, e.g. Ecografia (ECO), Ecodoppler, Tomografia Computorizada, Punção Aspirativa com Agulha Fina (PAAF), Ressonância Magnética (RM) e estudos com iodo radioativo (Paloma Muñoz *et al.*, 2012).

A *American Thyroid Association* em 2016 publicou as diretrizes (*guidelines*) para gestão dos doentes adultos com nódulos na tireoide e CDT (Haugen *et al.*, 2016). Estas contaram com a colaboração de grupos internacionais de diferentes países e da *ADAPTE Collaboration*<sup>4</sup> (G-I-N, 2018; Haugen *et al.*, 2016).

A *American Thyroid Association* propõe alguns algoritmos que podem auxiliar na tomada de decisão e na gestão de recomendações clínicas em doentes com CDT que foram submetidos a tireoidectomia total (Haugen *et al.*, 2016). Quatro dos algoritmos propostos (Anexo 4, Anexo 5, Anexo 6 e Anexo 7) dependem da estratificação do risco de cancro para o doente (Anexo 8).

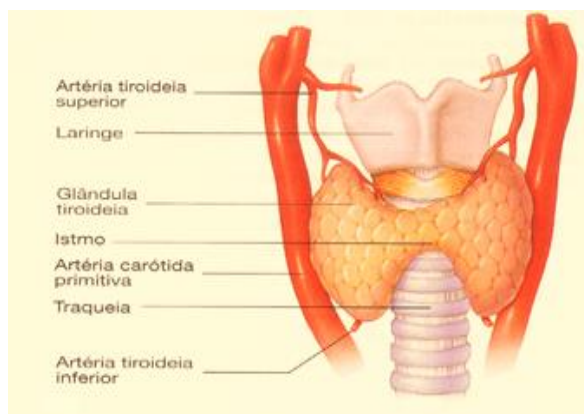
---

<sup>4</sup> **ADAPTE Collaboration** ([www.g-i-n.net](http://www.g-i-n.net)), é um grupo internacional de investigadores, desenvolvedores e implementadores de diretrizes que visam promover o desenvolvimento e uso de diretrizes de prática clínica através da adaptação das orientações existentes (G-I-N, 2018).

## 3.1 TIROIDE

### 3.1.1 Anatomofisiologia

A tiroide é a maior glândula do sistema endócrino e pesa entre 15 a 20g num adulto normal. Macroscopicamente é uma estrutura constituída por dois lobos, com localização anterior e bilateral em relação à cartilagem tiroideia, na zona da junção da laringe e traqueia (Kaplan e Pesce, 1996; Sarkar, 2006). Os dois lobos estão unidos anteriormente e na zona média pelo istmo, situado em posição anterior (Figura 20). Em alguns casos pode existir um terceiro lobo – lobo piramidal – fixado no istmo e com projeção ascendente. Durante a deglutição a tiroide move-se, particularidade que ajuda no processo de palpação e na diferenciação entre a tiroide e massas cervicais não tiroideias (Paloma Muñoz *et al.*, 2012; Sarkar, 2006).

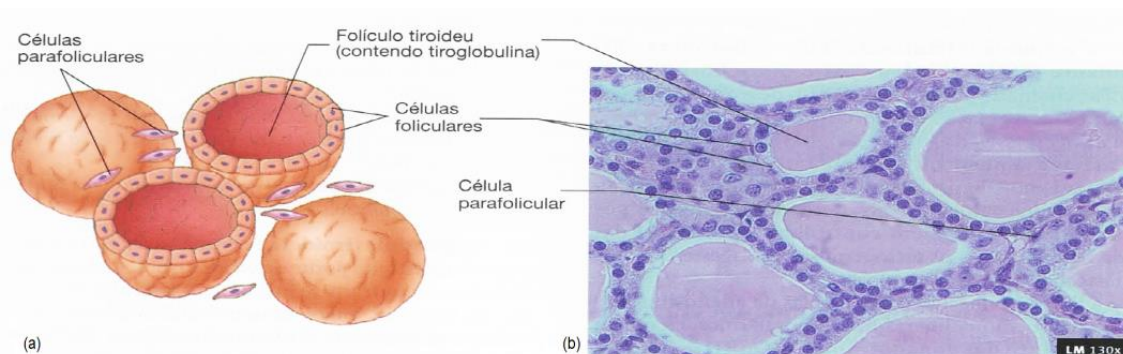


**Figura 20. Anatomia da tiroide, vista frontal**

Fonte: Seeley et al., 2005.

Microscopicamente a tiroide é constituída por dois tipos de células, as foliculares e parafoliculares. A unidade elementar desta glândula é o folículo, uma estrutura esférica cuja parede é formada por células epiteliais cúbicas, chamadas células foliculares (Figura 21), que produzem hormonas tiroideias. O centro, ou lúmen, do folículo de estrutura coloide é o local de armazenamento das hormonas tiroideias produzidas pelas células foliculares e da proteína Tiroglobulina (TGO) (Kaplan e Pesce, 1996; Sarkar, 2006; Seeley *et al.*, 2005).

Na zona intersticial estão presentes vasos capilares sanguíneos e as células parafoliculares. A Calcitonina é produzida pelas células parafoliculares, por isso também são designadas por células-C (Kaplan e Pesce, 1996; Sarkar, 2006; Seeley *et al.*, 2005).



**Figura 21. Histologia da tireoide**

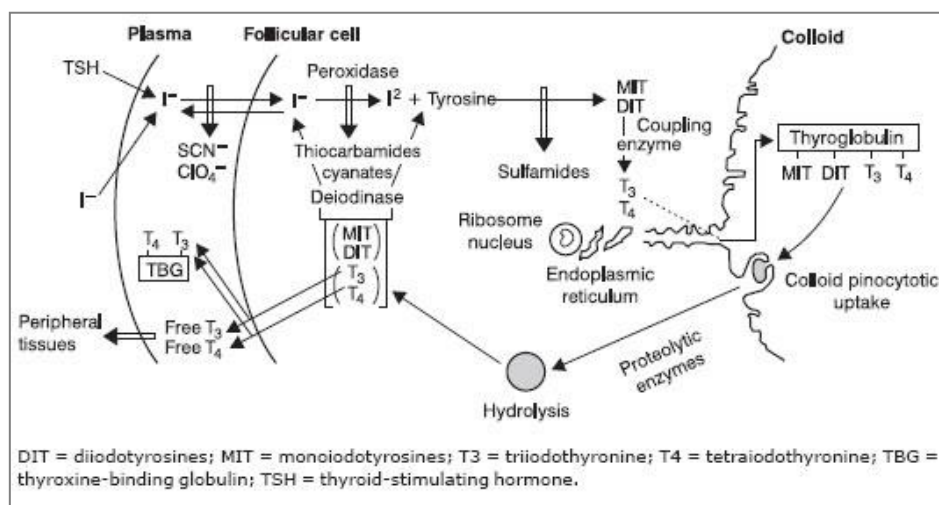
Fonte: Seeley et al., 2005.

### **3.1.2 Síntese de hormonas tiroideias e metabolismo do iodo**

Existem duas hormonas tiroideias, a Triiodotironina ( $T_3$ ) e a Tetraiodotironina ou Tiroxina ( $T_4$ ). A secreção destas duas hormonas pela tireoide é produzida na proporção de 10% de  $T_3$  e 90% de  $T_4$ . No entanto a  $T_3$  é a principal hormona responsável pela atividade fisiológica nos tecidos periféricos. A  $T_4$  funciona como uma pró-hormona  $T_3$ , porque 33% a 40% da  $T_4$  são convertidas em  $T_3$ . A maior parte de  $T_4$  é eliminada por via biliar e urinária (Cavalieri, 1997; Kaplan e Pesce, 1996; Sarkar, 2006; Seeley *et al.*, 2005).

O iodo é o elemento essencial na síntese das hormonas tiroideias. O iodo inorgânico, na forma de ião iodeto ( $I^-$ ) presente na circulação é direcionado para o interior do folículo tiroideu local em que será organificado, a sua incorporação depende da hormona estimulante da tireoide ou tirotrofina (TSH, do inglês *thyroid-stimulating hormone*) (Figura 22) (Cavalieri, 1997; Kaplan e Pesce, 1996; Sarkar, 2006; Seeley *et al.*, 2005; Setian, 2007).

O iodo liga-se a transportados de iodeto de sódio (NIS, do acrónimo em inglês *Sodium Iodide Symporter*) existente na membrana basal das células foliculares e por transporte ativo entra nas células foliculares. O transporte de  $I^-$  livre para o interior do folículo tiroideu garante a sua concentração 30 a 40 vezes superior em relação à existente no plasma. O enzima peroxidase atua catalisando três processos muito importantes: oxidação do iodo – combinação do  $I^-$  com o peróxido de oxigénio ( $H_2O_2$ ); iodação dos resíduos de tiroxina da TGO – formando monoiodotirosina (MIT) e diiodotirosina (DIT); acoplamento da iodotirosina – formando as hormonas tiroideias  $T_3$  ( $T_3=MIT + DIT$ ) e  $T_4$  ( $T_4=DIT + DIT$ ) (Cavalieri, 1997; Kaplan e Pesce, 1996; Sarkar, 2006; Seeley *et al.*, 2005; Setian, 2007).

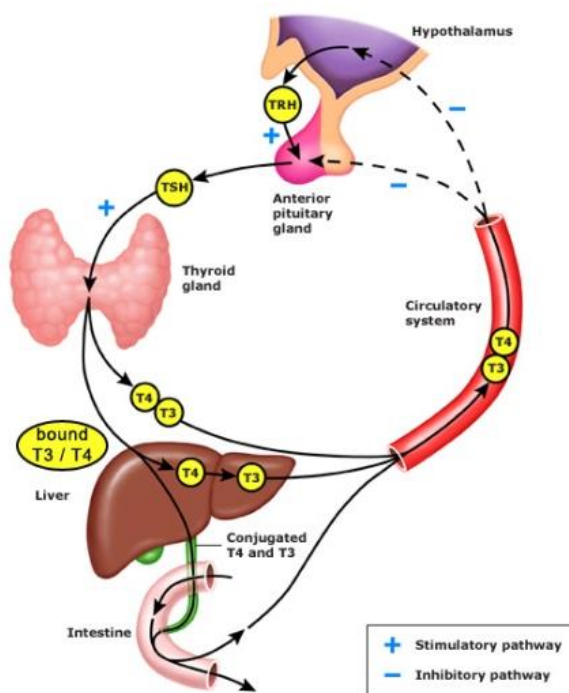


**Figura 22. Mecanismo de síntese das hormonas tiroideias**

Fonte: Setian, 2007.

Já no interior do lúmen dos folículos (coloide), as hormonas tiroideias são armazenadas na TGO iodada. O estímulo da TSH na tiroide vai desencadear a endocitose pelas células foliculares da TGO existentes no coloide dos folículos. Os lisossomas fundem-se com as vesículas endocitárias, os enzimas proteolíticos fracionam a TGO em MIT, DIT, T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>, mais fragmentos péptidos e aminoácidos. A T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub> são libertadas na zona intersticial e passam para o sistema circulatório. A MIT e DIT sofrem ação enzimática da desiodase tipo 1, devolvendo o iodo à célula – mecanismo de conservação do iodo (Cavalieri, 1997; Kaplan e Pesce, 1996; Sarkar, 2006; Seeley *et al.*, 2005).

As hormonas tiroideias são libertadas no sistema circulatório e ligam-se a proteínas plasmáticas para serem transportadas (Figura 23). Aproximadamente 70 a 75% da T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub> ligam-se à globulina



**Figura 23. Hormonas tiroideias - mecanismo de inibição/produção**

Fonte: Sternquist (n.d.).

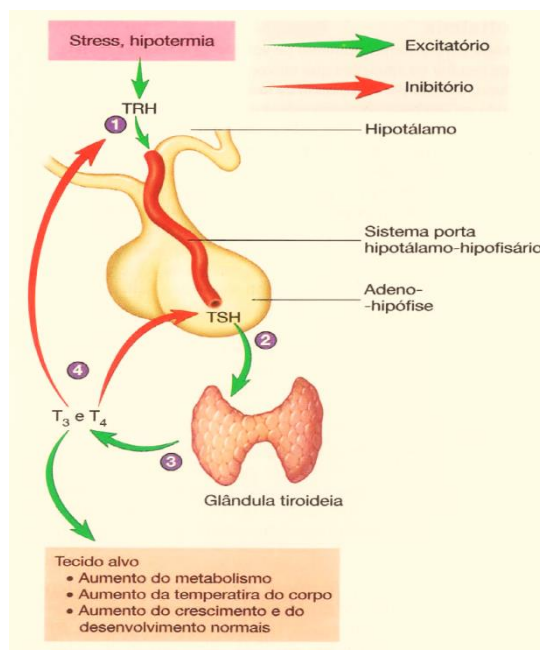
transportadora de tiroxina (TBG, do acrónimo em inglês *Thyroxine-binding Globulin*), proteína sintetizada no fígado. Já 20 a 30% são transportadas por outras proteínas plasmáticas, inclusive pela albumina (Cavalieri, 1997; Kaplan e Pesce, 1996; Sarkar, 2006; Seeley *et al.*, 2005).

### Eixo Hipotálamo-Hipofisário

O eixo Hipotálamo-Hipofisário é o principal mecanismo que regula a produção da hormona libertadora de tirotrofina (TRH, do acrónimo em inglês *Thyrotropin-releasing Hormone*), TSH,  $T_3$  e  $T_4$ .

No eixo Hipotálamo-Hipofisário, os neurónios do hipotálamo sintetizam e libertam a TRH. A TSH sintetizada na adeno-hipófise atua na secreção da  $T_3$  e  $T_4$  (Figura 24) (Cavalieri, 1997; Kaplan e Pesce, 1996; Sarkar, 2006; Seeley *et al.*, 2005). O aumento/diminuição da TRH induz o aumento/diminuição da secreção da TSH pela adeno-hipófise. A TSH é libertada na circulação sistémica de forma pulsátil e segue um ciclo circadiano com aumento noturno dos seus níveis séricos (Cavalieri, 1997; Kaplan e Pesce, 1996; Sarkar, 2006; Seeley *et al.*, 2005).

O aumento da TSH estimula a secreção de  $T_3$  e  $T_4$ , podendo causar hipertrofia (aumento no tamanho das células) e hiperplasia (aumento do número de células) da tiroide. A diminuição dos níveis séricos de TSH conduz à diminuição da secreção da  $T_3$  e  $T_4$  e pode levar à atrofia da tiroide (Cavalieri, 1997; Kaplan e Pesce, 1996; Sarkar, 2006; Seeley *et al.*, 2005).



**Figura 24. Eixo hipotálamo-hipofisário**

Fonte: Seeley *et al.* (2005).

### Caracterização do $^{131}\text{I}$

Desde a década de 50 que o  $^{131}\text{I}$  é utilizado em Medicina Nuclear no diagnóstico e na terapêutica de doenças da tireoide, entre outros (IAEA, 2009; Johansson *et al.*, 2003).

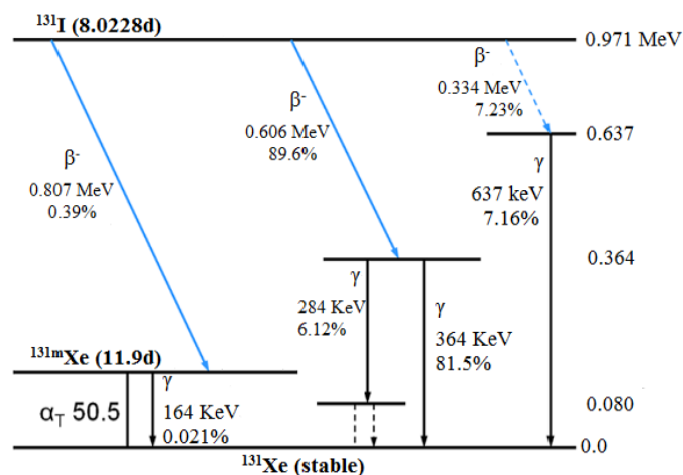
O  $^{131}\text{I}$  é um radionuclídeo produzido em reator nuclear, não existindo naturalmente (IAEA, 2009). É um isótopo do elemento iodo (número atômico 53), sendo o núcleo constituído por 53 prótons e 78 neutrões ( $Z=53$ ,  $N=78$ ) (IAEA, 2009; Johansson *et al.*, 2003). É um radionuclídeo com tempo de semivida física de 8,04 dias e decai para o isótopo estável  $^{131}\text{Xe}$ , por emissão  $\beta^-$  e radiação  $\gamma$  (Tabela 8 e Figura 25). A energia libertada por decaimento é de 971 keV, com energia máxima da partícula  $\beta$  de 0,61 MeV (89,9%) e energia média da partícula  $\beta_a$  de 0,192 MeV. As partículas  $\beta^-$  têm um alcance médio de aproximadamente 0,5 mm na tireoide (IAEA, 2009; Johansson *et al.*, 2003; Silberstein *et al.*, 2012; Stokkel *et al.*, 2010). A energia da radiação  $\gamma$  varia entre 80 a 723 keV, sendo a mais frequente com 364 keV (81,7%) (Tabela 8 e Figura 25) (Al-jubeih, Shaheen e Zalloum, 2012; IAEA, 2009; Johansson *et al.*, 2003; Silberstein *et al.*, 2012; Stokkel *et al.*, 2010).

**Tabela 8. Propriedades físicas do  $^{131}\text{I}$**

Principais emissões $\gamma$ (e abundância)	284 keV (6%), 364 keV (82%), 637 keV (7%)
Principais emissões $\beta$ (e abundância)	248 keV (2%), 334 keV (7%), 606 keV (90%)
Principais emissões de eletrões (e abundância)	46 keV (4%), 330 keV (2%)
Alcance médio das partículas $\beta$ na tireoide	~ 0,5 mm
Tempo de semivida física	8,04 dias
Exposição externa a uma fonte pontual no ar:	
Dose na pele ( $\beta$ , eletrões)	$7,7 \times 10^{-3} \text{ mSv.MBq}^{-1}.\text{hr}^{-1}$ a 100 cm
Dose em tecidos profundos (fotões)	$6,6 \times 10^{-5} \text{ mSv.MBq}^{-1}.\text{hr}^{-1}$ a 100 cm
Fonte num frasco de vidro	$6,4 \times 10^{-5} \text{ mSv.MBq}^{-1}.\text{hr}^{-1}$ a 100 cm
Espessura de semi-redução no:	
Chumbo	3 mm
Aço	23 mm
Espessura de deci-redução no:	
Chumbo	11 mm
Aço	56 mm

Fonte: Adaptado de IAEA (2009a).





**Figura 25. Esquema de decaimento do  $^{131}\text{I}$**

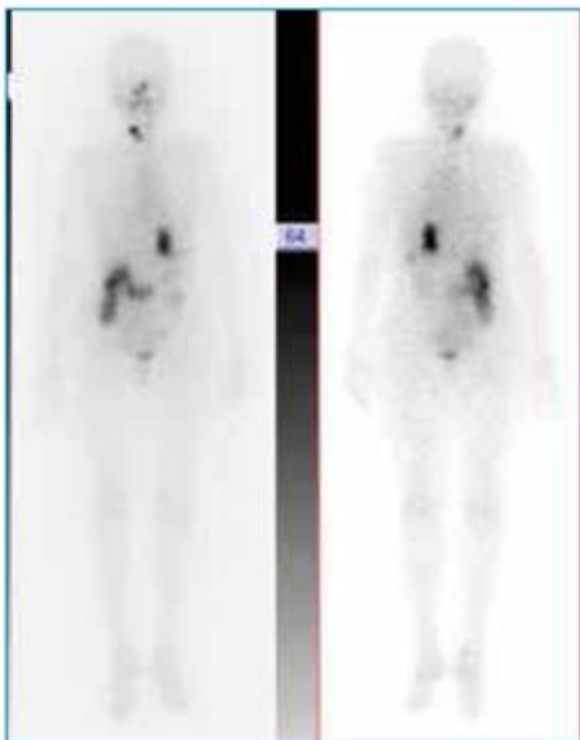
Fonte: Al-jubeih, Shaheen e Zalloum (2012).

O  $^{131}\text{I}$  apresenta características ideais para terapêutica, devido à sua emissão  $\beta^-$  (IAEA, 2009). Adicionalmente tem uma considerável emissão  $\gamma$ , o que é uma desvantagem na perspectiva da segurança e proteção contra radiações das pessoas na vizinhança do doente, mas permite a realização de imagens de biodistribuição (Figura 26) (IAEA, 2009). Os resultados por imagem complementam a informação clínica, na perspectiva do diagnóstico e da terapêutica.

Além da semivida física ( $T_f$ ) do iodo, há mais dois fatores de relevante interesse – a semivida biológica ( $T_b$ ) e a semivida efetiva ( $T_e$ ), que se relacionam segundo a Eq. 7 (IAEA, 2009):

$$\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T_f} + \frac{1}{T_b} \quad \text{Eq. 7}$$

No caso do iodo radioativo ligado, a  $T_b$  varia de doente para doente. A  $T_b$  depende (i) da quantidade de tecido tiroideu, (ii) do nível da hormona tiroideia e (iii) da presença de metástases, o que pode tornar a  $T_b$  mais longa comparativamente à  $T_f$  (IAEA, 2009). A  $T_b$  normal é aproximadamente 80 dias (IAEA, 2009).



**Tabela 9. Dose absorvida de  $^{131}\text{I}$  em adultos**

Órgão	Dose
	mGy/GBq
Corpo inteiro	121,6
Tiroide	$3,5 \times 10^5$
Fígado	129,7

Fonte: Adaptado de Saha (2001).

**Figura 26. Imagem de varrimento de corpo inteiro com  $^{131}\text{I}$ , 24 horas após terapêutica**

Fonte: Berhane Menghis et al. (2013).

O  $^{131}\text{I}$  quando administrado ao doente (líquido ou em forma de cápsula) segue o mesmo circuito que o iodo inorgânico não radioativo, que passa a ser organificado. A biodistribuição normal do iodo envolve a tiroide, rins, bexiga, glândulas salivares e intestino (IAEA, 2009). A Figura 26 mostra a biodistribuição normal do  $^{131}\text{I}$  (Berhane Menghis *et al.*, 2013) que é um radionuclídeo volátil libertado na respiração, pelos poros da pele, na saliva, nas fezes e na urina dos doentes (Oliveira *et al.*, 2008).

Valores indicativos da dose absorvida de  $^{131}\text{I}$ , em adultos, são mostrados na Tabela 9.

### **Fatores que influenciam a captação do iodo pela tiroide**

A captação de iodo pela tiroide pode ser influenciada por diversos fatores (Tabela 10). Estes criam um bloqueio que vai impedir a organificação do iodo. A presença de algum destes fatores pode reduzir ou impedir a captação do iodo, o que pode levar a diagnósticos incorretos por falsos positivos (Paloma Muñoz *et al.*, 2012).

**Tabela 10. Fatores que influenciam a captação do iodo pela tiroide**

Diminuem a captação de iodo	Aumentam a captação de iodo
<ul style="list-style-type: none"><li>– Hormonas tiroideias: T<sub>4</sub> e T<sub>3</sub></li><li>– Anti tiroideus</li><li>– Soluções que tem iodo: solução de lugol, complexos vitamínicos e minerais, alguns antitússicos, cremes com iodo</li><li>– Contrastes iodados da radiologia: endovenosos hidrossolúveis (2 – 4 semanas) e orais lipossolúveis (2 meses – 1 ano)</li><li>– Outros medicamentos: esteroides, perclorato, penicilina</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Falta de iodo</li><li>– Gravidez</li><li>– Suspensão recente de hormonas tiroideias ou anti tiroideias</li><li>– Fase de recuperação da tiroidite aguda</li></ul>

Fonte: Adaptada de Muñoz et al. (2012).

### **3.1.3 Epidemiologia e classificação das patologias da tiroide**

Alguns estudos epidemiológicos realizados servem de fundamento para (i) a prática de algumas políticas de saúde, (ii) a implementação de estratégias de diagnóstico e terapêutica, (iv) a percepção da causa de certas doenças, (v) determinação de medidas em Saúde Pública, entre outras (Petersen, 2003).

A caracterização epidemiológica das doenças da tiroide é fundamental para vislumbrar a abrangência das mesmas.

A glândula tiroide pode ter distúrbios de diferentes etiologias, que originam diferentes tipos de patologias. Assim, nesta glândula podem surgir patologias nodulares e patologias funcionais (Wartofsky, 2010).

Nas doenças da tiroide existem fatores que induzem o aumento da sua incidência e prevalência, nomeadamente o sexo, idade, autoimunidade, mutações genéticas, alterações das quantidades de iodo ingerido, localização geográfica, para além de agentes carcinogénicos ambientais de origem conhecida e desconhecida (Wartofsky, 2010).

O bócio e os nódulos são das doenças da tiroide mais comuns (Vanderpump, 2011), com maior incidência nas mulheres do que nos homens, na proporção de 4:1 (Cooper, 2001; Vanderpump, 2011). A prevalência do bócio difuso diminui com a idade e tem maior prevalência na mulher em pré-menopausa (Vanderpump, 2011). Já no nódulo solitário da tiroide a prevalência é de 3% e do bócio multinodular de 1% (Vanderpump, 2011).

A Tabela 11 apresenta a atual classificação dos tumores da tireoide e hipertireoidismo (Biondi *et al.*, 2015; Clarke, 2006; Cooper, 2001; Cooper *et al.*, 2009; Eary e Brenner, 2007; Hedinger, Williams e Sobin, 1988, 1989).

**Tabela 11. Patologias da tireoide**

Hipertireoidismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doença de Graves ou Bócio tóxico difuso</li> <li>• Nódulo tóxico</li> <li>• Bócio multinodular tóxico</li> </ul>	
	<u>Principais tipos de cancro da tireoide</u>	
Tumores da tireoide	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferenciado (Papilar, Folicular e de <i>Hürthle</i>)</li> </ul>	<p>Papilar - 80% dos carcinomas da tireoide são de subtipos variante folicular.</p> <p>Folicular e de <i>Hürthle</i> - 20% dos carcinomas da tireoide com altas taxas de incidência surgem em áreas geográficas com deficiência de iodo.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medular</li> </ul>	<p>Surge das células parafoliculares que segregam a calcitonina. Com origem esporádica ou familiar.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anaplásico (tumor indiferenciado agressivo)</li> </ul>	<p>Cancro de alta malignidade com populações de células indiferenciadas.</p>
	<u>Outras neoplasias da tireoide</u>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sarcomas</li> <li>• Linfoma maligno da tireoide</li> <li>• Hemangioendotelioma</li> <li>• Tumores secundários</li> </ul>	

Fonte: Adaptado de Biondi *et al.*, 2015; Clarke, 2006; Cooper, 2001; Cooper *et al.*, 2009; Eary e Brenner, 2007; Hedinger, Williams e Sobin, 1989, 1988.

A maioria dos nódulos tireoideus<sup>5</sup> não é palpável, o que faz com que a sua deteção possa ser acidental devido à realização de exames de diagnóstico (Paloma Muñoz *et al.*, 2012).

No processo de palpação a presença de nódulos é na ordem dos 2 a 6%, sendo através de ecografia (permite a deteção de nódulos com mais de 3 mm) a percentagem de deteção aumenta para 19 a 35%, isto porque um nódulo para ser palpável tem de possuir pelo menos 1 cm (Paloma Muñoz *et al.*, 2012; Salgado, 2012; Silberstein *et al.*, 2012).

<sup>5</sup> **Nódulo tireoideu** refere-se a qualquer crescimento anómalo das células tireoideias, formando uma tumefação dentro da tireoide, seja benigno ou maligno (Paloma Muñoz *et al.*, 2012).

A frequência de detecção de nódulos palpáveis aumenta ao longo da vida, com uma prevalência de 5% no caso da população dos USA com 50 anos ou mais (Wartofsky, 2010). A prevalência dos nódulos aumenta quando a glândula tireoideia é submetida a análise em autópsias, cirurgias ou quando se realiza ecografia, onde 50% dos casos apresentam nódulos que na maioria são benignos (Wartofsky, 2010).

A causa mais comum do hipertireoidismo é a doença de Graves, seguida do bócio multinodular tóxico, enquanto os casos raros incluem os adenomas da tireoide ou tiroidite (Vanderpump, 2011). O hipertireoidismo tem uma maior prevalência nas mulheres, situando-se os casos entre 0,5 e 2%, sendo que esta percentagem aumenta em comunidades com excesso de iodo onde é 10 vezes mais comum nas mulheres do que no homem (Vanderpump, 2011).

A doença de Graves é mais frequente nas mulheres com idade entre os 20 e 50 anos sendo rara nas crianças e, nestes casos quando surge é nos recém-nascidos (Cooper, 2001). A incidência da doença de Graves tem uma correlação direta com a quantidade de iodo ingerido. Tem-se verificado que o aumento da ingestão de iodo está associado a um aumento de hipertireoidismo (Cooper, 2001).

No referente à tiroidite assintomática, em estudos histológicos pós-morte evidencia-se tiroidite assintomática crónica em 27% das mulheres adultas (a frequência aumenta em idades superiores a 50 anos) e 7% nos homens adultos (Vanderpump, 2011).

No hipotireoidismo, a prevalência diminui em comunidades com carência de iodo (Vanderpump, 2011) e em comunidades com excesso de iodo, a prevalência do hipotireoidismo espontâneo varia entre 1 e 2%, sendo mais frequente nas mulheres mais velhas e 10 vezes mais comum nas mulheres do que no homem (Vanderpump, 2011).

O cancro da tireoide é o cancro mais comum dos tumores malignos do sistema endócrino e o que apresenta maior índice de mortalidade (Cooper, 2001; Vanderpump, 2011). Dos cancros das glândulas endócrinas 90% é cancro da tireoide (Vanderpump, 2011). A sua incidência tem aumentado, pensando-se que este aumento pode estar a ser favorecido por algumas causas ambientais, nomeadamente como exposição a radiações ou exposição a outros agentes tóxicos, que podem estar a favorecer o aumento da taxa de incidência do cancro da tireoide (Wartofsky, 2010). O CDT, que inclui o cancro papilar e folicular, compreende a grande maioria (90%) de todos os cancros tireoideus (Cooper *et al.*, 2006), apresentando um prognóstico mais favorável do que o medular e os tipos indiferenciados (Cooper *et al.*, 2006).

O CDT apresenta vários fatores de prognóstico (e.g. idade, histologia, tamanho do tumor, extensão extra tireoideia e presença de metastização à distância) que permitem estratificar o risco quanto ao prognóstico e orientação da terapêutica. Atualmente a estratificação do risco dos doentes com CDT faz-se segundo a representada na Tabela 12 (ACR, 2009; Salgado, 2012), em que a classificação TNM<sup>6</sup> é um dos fatores de base.

No entanto, existem estudos epidemiológicos (Schonfeld, Lee e Berrington de González, 2011; Wartofsky, 2010) que referem que este aumento da incidência se deve a uma maior eficácia na deteção precoce e não ao aumento do número de casos de cancro da tiroide.

**Tabela 12. Estratificação do risco em doentes com CDT**

Risco	
<b>Muito baixo</b>	- Tamanho <1 cm, focal, N0, sem extensões extratiroideias, bem diferenciados
<b>Baixo</b>	- Idade <45 anos: qualquer T, qualquer N, M0 - Idade ≥45 anos: T1N0M0 e T2N0M0
<b>Alto</b>	- Qualquer outro caso - Histologia desfavorável: Papilar: células altas, células colunares, esclerose difusa Folicular: extensamente invasivo, pouco diferenciado

Fonte: Adaptado de Salgado (2012).

A *International Agency of Research on Cancer* (IARC) divulgou a 12 setembro de 2018 as estimativas mais recentes sobre o ónus global do cancro. A base de dados do GLOBOCAN 2018, acessível *on-line* como parte do IARC *Global Cancer Observatory*, fornece estimativas de incidência e mortalidade em 185 países para 36 tipos de cancro (Bray *et al.*, 2018; Ferlay *et al.*, 2018, 2018). Com base na GLOBOCAN 2018 analisaram-se os dados referentes ao cancro da tiroide, na Europa e Portugal (Bray *et al.*, 2018; Ferlay *et al.*, 2018, 2018).

<sup>6</sup> **TNM** é a classificação do cancro pela extensão da anatomia da doença, que regista a extensão nodal primária e regional do tumor, e a ausência ou presença de metástases. Categoria **T** descreve o local do tumor primário; categoria **N** descreve o envolvimento dos linfonodos regionais; categoria **M** descreve a presença ou não de disseminação metastática distante (UICC, 2018).

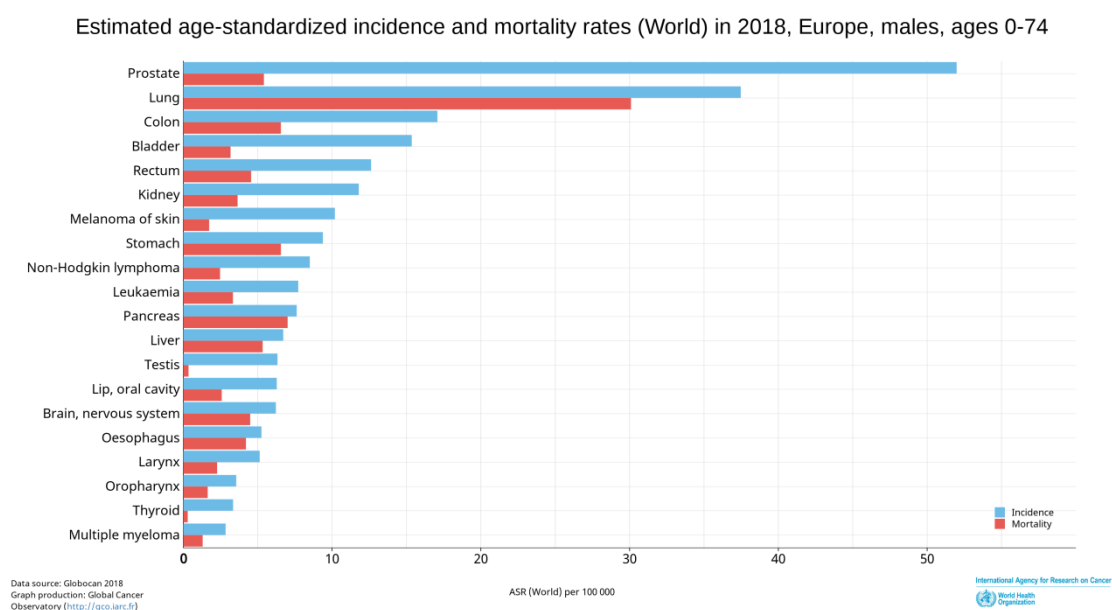


**Figura 27. Lista de países que integraram a Europa no estudo realizado pela *International Agency of Research on Cancer da WHO* que estima a incidência, mortalidade e prevalência de cancro em 2018**

Fonte: ICCP (2018).

Em 2018, a estimativa da incidência e mortalidade do top 20 do cancro no homem e na mulher, na Europa (Figura 27) e em Portugal observam-se graficamente na Figura 28, Figura 29, Figura 30 e Figura 31, respetivamente.

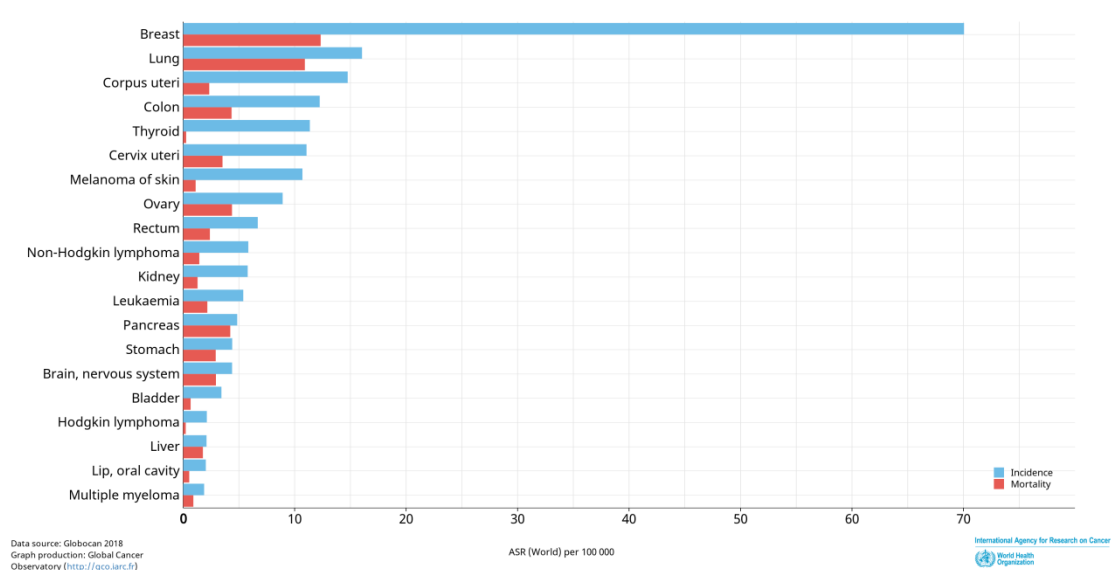
Na Europa em 2018, o cancro da tiroide no homem e na mulher é a 19.<sup>a</sup> e 5.<sup>a</sup> causa de incidência, respetivamente (Figura 28 e Figura 29) (Bray *et al.*, 2018; Ferlay *et al.*, 2018). No que concerne a Portugal, no mesmo ano a estimativa de incidência do cancro da tiroide no homem e na mulher é a 18.<sup>a</sup> e 2.<sup>a</sup>, respetivamente (Figura 30 e Figura 31) (Bray *et al.*, 2018; Ferlay *et al.*, 2018).



**Figura 28. Na Europa em 2018 a estimativa da incidência e mortalidade do top dos 20 cancros no homem dos 0-74 anos**

Fonte: GLOBOCAN 2018, Cancer Incidence and Mortality Worldwide, 2018 (Bray *et al.*, 2018; Ferlay *et al.*, 2018).

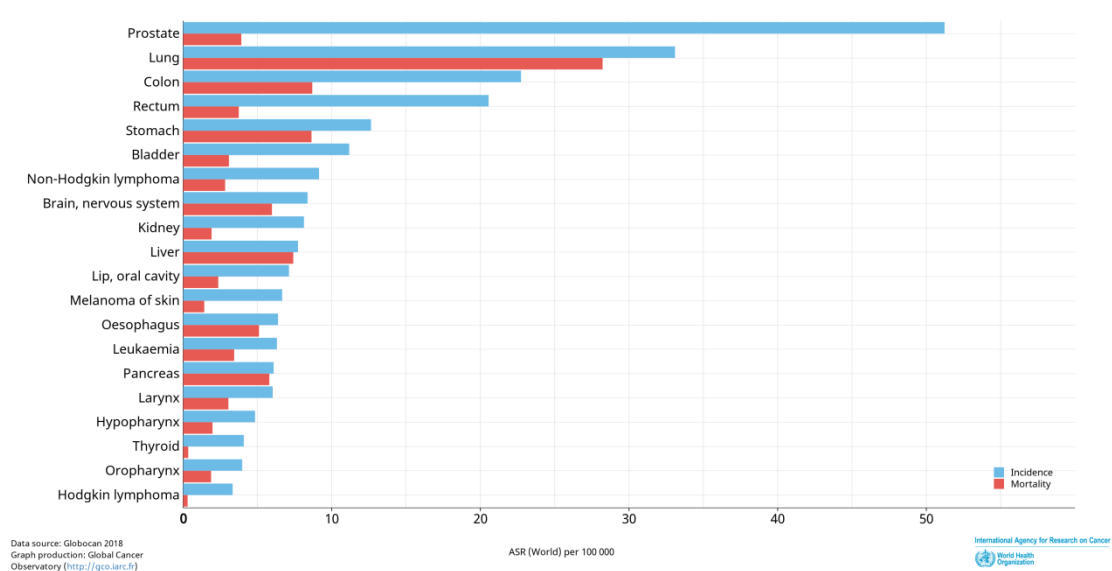
Estimated age-standardized incidence and mortality rates (World) in 2018, Europe, females, ages 0-74



**Figura 29. Na Europa em 2018 a estimativa da incidência e mortalidade do top dos 20 câncers na mulher dos 0-74 anos**

Fonte: GLOBOCAN 2018, Cancer Incidence and Mortality Worldwide, 2018 (Bray *et al.*, 2018; Ferlay *et al.*, 2018).

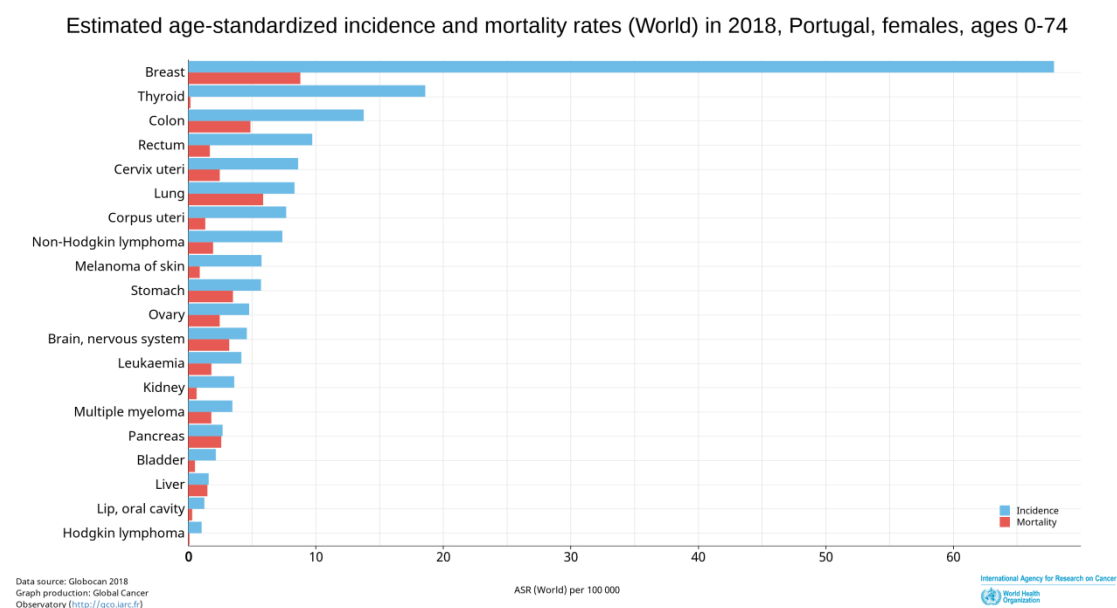
Estimated age-standardized incidence and mortality rates (World) in 2018, Portugal, males, ages 0-74



**Figura 30. Portugal em 2018, a estimativa da incidência e mortalidade do top dos 20 câncers no homem dos 0-74 anos**

Fonte: GLOBOCAN 2018, Cancer Incidence and Mortality Worldwide, 2018 (Bray *et al.*, 2018; Ferlay *et al.*, 2018).





**Figura 31. Portugal em 2018, a estimativa da incidência e mortalidade do top dos 20 cânceros na mulher dos 0-74 anos**

Fonte: GLOBOCAN 2018, Cancer Incidence and Mortality Worldwide, 2018 (Bray *et al.*, 2018; Ferlay *et al.*, 2018).

Em 2018, na Europa, União Europeia e em Portugal a incidência, mortalidade e prevalência de cancro da tiroide estimadas pela *International Agency of Research on Cancer* da WHO apresentam-se na Tabela 13.

O cancro da tiroide em Portugal tem uma incidência, mortalidade e prevalência significativamente inferior às da Europa e da União Europeia, em ambos os sexos (Tabela 13) (Bray *et al.*, 2018; Ferlay *et al.*, 2018, 2018).

**Tabela 13. Estimativa da incidência, mortalidade e prevalência, por sexo, do cancro da tiroide em 2018 na e Europa, União Europeia e Portugal**

Sexo	País	Incidência	Mortalidade	Prevalência		
		n.º de casos	n.º de casos	1-ano	3-anos	5-anos
Homem	Europa	18.007	2.784	15.228	41.683	64.850
	União Europeia	21.102	3.093	17.629	48.275	75.085
	Portugal	301	44	247	674	1.051
Mulher	Europa	60.411	4.204	53.020	149.159	239.099
	União Europeia	72.867	4.998	63.074	117.379	284.054
	Portugal	1.400	53	1.205	3.400	5.453

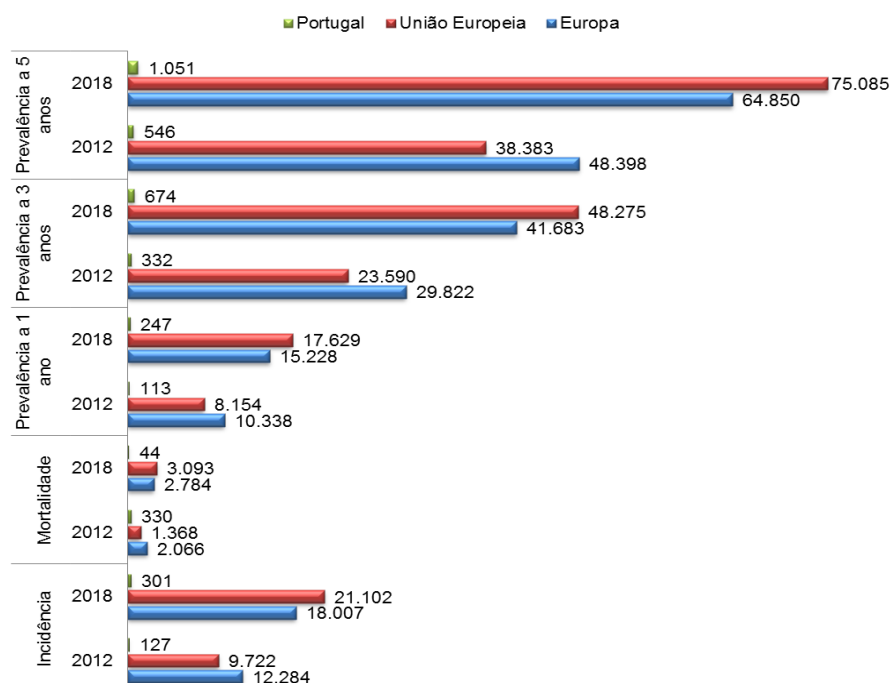
Fonte: Adaptado de GLOBOCAN 2018, Cancer Incidence and Mortality Worldwide, 2018 (Bray *et al.*, 2018; Ferlay *et al.*, 2018).

A estimativa cumulativa da incidência e da mortalidade, em ambos os sexos, por cancro da tiroide na Europa, em 2018, apresenta-se mapeada nas Figura 34 e Figura 35, respetivamente (Ferlay *et al.*, 2013).

Wartofsky (2010) refere que a taxa de mortalidade terá tendência a decrescer, no entanto a taxa de incidência tenderá a aumentar. O decréscimo apontado baseia-se nas novas abordagens e avanços da tecnologia, no diagnóstico e terapêuticas – e.g. alta sensibilidade dos ensaios no doseamento da TGO, a tirotrofina humana recombinante (rhTSH, do acrónimo em inglês *recombinant human thyrotropin*), estudos de Tomografia por Emissão de Positrões (PET, do acrónimo em inglês *Positron Emission Tomography*) com Fluorodesoxiglicose marcada com Fluor-18 ( $^{18}\text{F}$ -FDG) – e um melhor conhecimento da evolução do cancro da tiroide (Wartofsky, 2010).

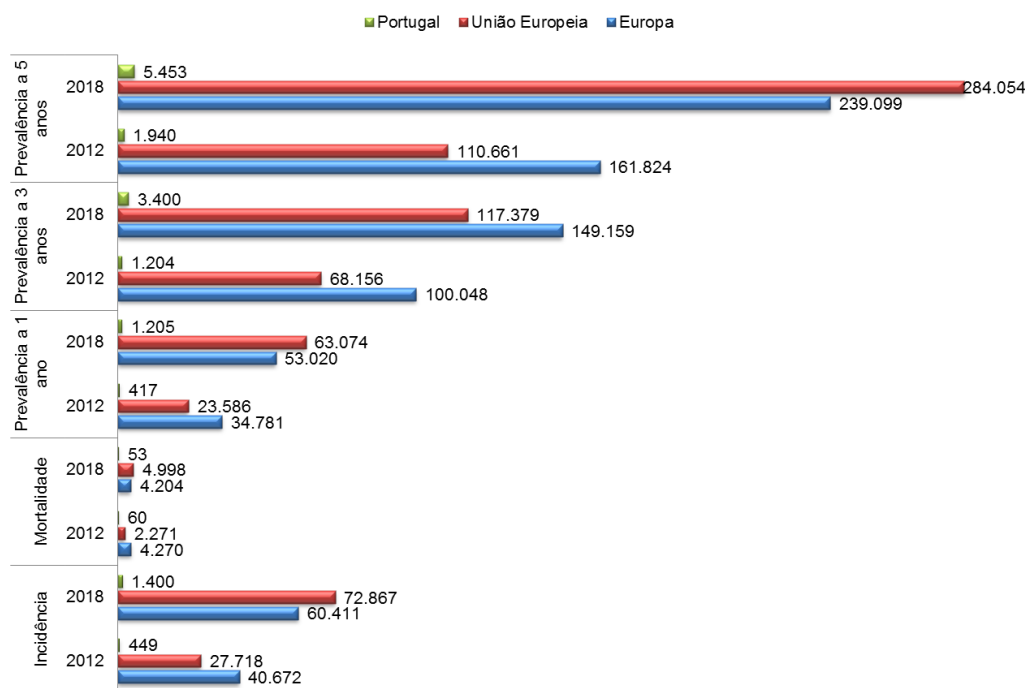
Schonfeld, Lee e Berrington de González (2011) reforçam que em pediatria a glândula da tiroide é um dos órgãos com maior radiosensibilidade.

Os dados da GLOBOCAN de 2012 e 2018 corroboram as constatações de Wartofsky (2010), conforme dados apresentados na Figura 32 e Figura 33.



**Figura 32. Variação da incidência, mortalidade e prevalência do cancro da tiroide no homem, entre 2012 e 2018 na Europa, União Europeia e Portugal**

Fonte: Adaptado de GLOBOCAN 2018, Cancer Incidence and Mortality Worldwide, 2018 (Bray *et al.*, 2018; Ferlay *et al.*, 2018). GLOBOCAN 2012 v1.0, Cancer Incidence and Mortality Worldwide, 2013 (Bray *et al.*, 2013; Ferlay *et al.*, 2013, 2013, 2015).



**Figura 33. Variação da incidência, mortalidade e prevalência do cancro da tiroide na mulher, entre 2012 e 2018 na Europa, União Europeia e Portugal**

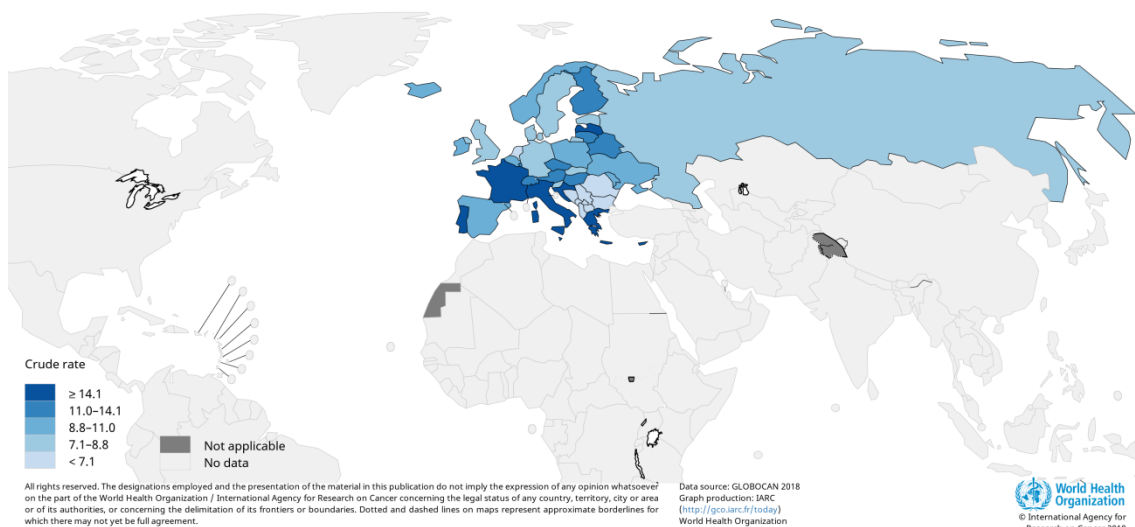
Fonte: Adaptado de GLOBOCAN 2018, Cancer Incidence and Mortality Worldwide, 2018 (Bray et al., 2018; Ferlay et al., 2018). GLOBOCAN 2012 v1.0, Cancer Incidence and Mortality Worldwide, 2013 (Bray et al., 2013; Ferlay et al., 2013, 2013, 2015).

Analisando os dados de 2012 e de 2018, em Portugal a incidência de cancro da tiroide duplicou no homem e triplicou na mulher. Comparando os resultados entre Portugal, a Europa e a União Europeia, verifica-se que a incidência de cancro da tiroide em Portugal foi significativamente maior que na Europa e na União Europeia, principalmente na mulher (Figura 32 e Figura 33) (Bray *et al.*, 2013, 2013, 2018; Ferlay *et al.*, 2013, 2013, 2013, 2015).

Quanto à mortalidade, em 2012 e 2018, em Portugal nos indivíduos do sexo masculino diminuiu aproximadamente 87% e no sexo feminino diminuiu aproximadamente 12%. Na Europa e na União Europeia o cenário foi o inverso, isto é, houve um aumento da mortalidade em ambos os sexos (Figura 32 e Figura 33) (Bray *et al.*, 2013, 2013, 2018; Ferlay *et al.*, 2013, 2013, 2013, 2015).

A prevalência de cancro da tiroide a 1, 3 e 5 anos, em 2012 e 2018, aumentou proporcional em ambos os sexos, tanto em Portugal como na Europa e na União Europeia (Figura 32 e Figura 33) (Bray *et al.*, 2013, 2013, 2018; Ferlay *et al.*, 2013, 2013, 2013, 2015).

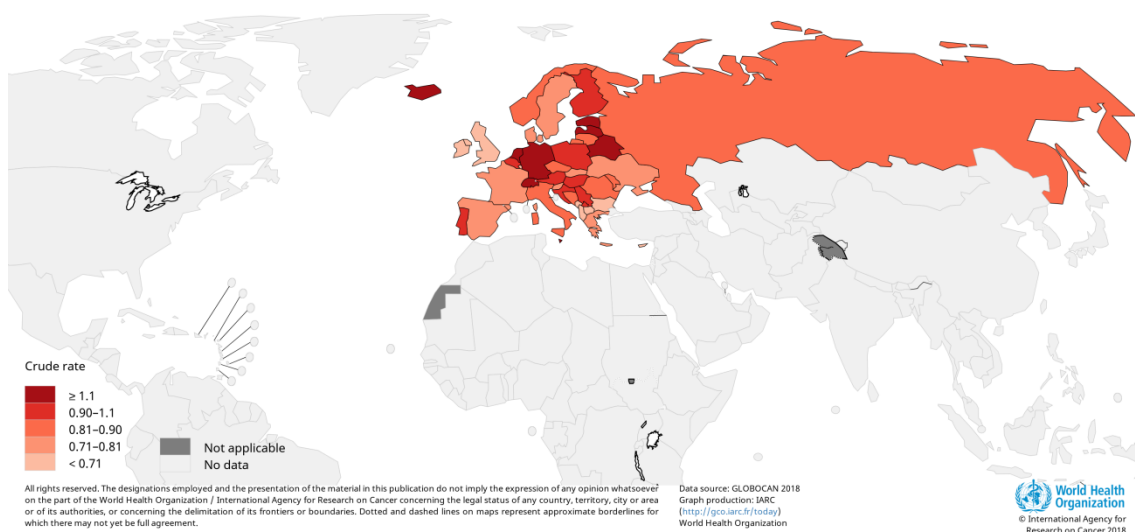
Estimated crude incidence rates in 2018, both sexes, all ages



**Figura 34. Mapa da taxa de incidência, em ambos os sexos, por cancro da tiroide na Europa, 2018**

Fonte: GLOBOCAN 2018, Cancer Incidence and Mortality Worldwide, 2018 (Bray *et al.*, 2018; Ferlay *et al.*, 2018).

Estimated crude mortality rates in 2018, both sexes, all ages



**Figura 35. Mapa da taxa de mortalidade, em ambos os sexos, por cancro da tiroide na Europa, 2018**

Fonte: GLOBOCAN 2018, Cancer Incidence and Mortality Worldwide, 2018 (Bray *et al.*, 2018; Ferlay *et al.*, 2018).

No CDT a taxa de sobrevivência a 10 anos é aproximadamente 85%, caso exista metastização à distância a taxa de sobrevivência diminui significativamente (25-40%), a taxa de recidivarão em alguns casos é de aproximadamente 30% (Salgado, 2012). A prevalência de cancro da tiroide aumentou em 49% nos nódulos com dimensões

menores que 1 cm e em 87% em nódulos com menos de 2 cm (Paloma Muñoz *et al.*, 2012), o que pode estar relacionado com o avanço tecnológico das técnicas de diagnóstico.

O Programa Nacional para as Doenças Oncológicas (2014) (Portugal. MS. DGS, 2014), com base no Registo Oncológico Nacional 2009 – ROR Sul (2014), refere que em Portugal a taxa de incidência do tumor maligno da tiroide foi de 16,63 (100.000 habitantes). Por sexo, na mulher o tumor maligno da tiroide ocupava a 3.<sup>a</sup> posição, com uma taxa de incidência de 26,51 (100.000 habitantes) (Tabela 14) (Portugal. MS. DGS, 2014).

**Tabela 14. Taxa de incidência do tumor maligno na glândula tiroide em Portugal**

Incidência do tumor maligno na glândula tiroide (100.000 habitantes)		
	Taxa Bruta	Taxa Padronizada à Europa
<b>Total (2009<sup>a</sup>)</b>	16,63	15,06
<b>Sexo feminino (2009<sup>a</sup>)</b>	26,51	24,07

<sup>a</sup> Dados provisórios

Fonte: Adaptado de Portugal - Doenças Oncológicas em números – 2014. Programa Nacional para as Doenças Oncológicas (2014).

A Figura 36 apresenta a estimativa anual (1991-1996) de procedimentos terapêuticos em Medicina Nuclear apresentada pela ICRP 94 (2004) (ICRP, 2004). Mais de 90% das terapêuticas em Medicina Nuclear são nas doenças da tiroide (ICRP, 2004).

Condition	Radiopharmaceutical and route	Procedures/million population in developed countries	Procedures/million population worldwide
Thyroid malignancy	<sup>131</sup> I Na iodide (oral or i.v. <sup>a</sup> )	35	15
Hyperthyroidism	<sup>131</sup> I Na iodide (oral or i.v. <sup>a</sup> )	110	42
Polycythaemia vera	<sup>32</sup> P phosphate (oral or i.v. <sup>a</sup> )	3	1
Bone metastases	<sup>89</sup> Sr chloride (i.v. <sup>a</sup> )	5	2
	<sup>153</sup> Sm ethylene diamino-methylene phosphoric acid (i.v.)		
Synovitis	<sup>90</sup> Y colloid	7	2
	<sup>169</sup> Er colloid (intra-articular)		
Malignant disease (other than thyroid cancer and polycythaemia vera)	<sup>131</sup> I <i>m</i> -iodo-benzylguanidine (i.v.)	<sup>b</sup>	<sup>b</sup>
	<sup>90</sup> Y colloid (intracavitary)		

Source: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (2000).

<sup>a</sup> Intravenous administration.

<sup>b</sup> Unknown.

**Figura 36. Terapêuticas em Medicina Nuclear: estimativa anual de procedimentos (1991-1996)**

Fonte: ICRP (2004b).

A *Global Health Data Exchange* – GHDx (GHDx, 2017) tem disponíveis dados de saúde desde 1990 a 2015, sendo que no que se refere a doenças da tiroide, só apresenta registos quanto ao cancro nesta glândula.

### **3.1.4 Terapêutica com $^{131}\text{I}$ no cancro diferenciado da tiroide e hipertiroidismo**

A terapêutica com  $^{131}\text{I}$  nas doenças benignas da tiroide, tem como indicações mais comuns alguns tipos de hipertiroidismo como a doença de Graves, doença nodular tóxica (uninodular ou multinodular) e bócio nodular não tóxico (Silberstein *et al.*, 2012). Em situação de doenças malignas, estas abrangem o CDT de origem papilar e folicular, em que o  $^{131}\text{I}$  é a principal terapêutica na destruição do tecido residual da tiroide após tireoidectomia total, em recorrência do cancro da tiroide e ainda na metastização (Silberstein *et al.*, 2012).

O  $^{131}\text{I}$  também pode ser utilizado na componente de diagnóstico, para determinar a função tiroideia (Silberstein *et al.*, 2012). A terapêutica com  $^{131}\text{I}$  tem contraindicações que condicionam a sua realização e também tem efeitos secundários resultantes após a sua realização (Tabela 15) (Bajén Lázaro *et al.*, 2012; Eary e Brenner, 2007; Stokkel *et al.*, 2010).

Os procedimentos para realização das terapêuticas com  $^{131}\text{I}$  podem variar entre instituições de saúde. No entanto, os procedimentos devem seguir linhas orientadoras das normas e procedimentos estabelecidos por organismos de referência internacionais e nacionais. Destacam-se como organismos internacionais a *European Thyroid Association* (ETA), *American Thyroid Association* (ATA), *European Association of Nuclear Medicine* (EANM) e a *Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* (SNMMI).

Na última década, a introdução de novos métodos, como o uso da rhTSH, estudos dosimétricos no PET entre outros, conduziu à revisão das *guidelines*, europeias (Luster *et al.*, 2008) e americanas (Cooper *et al.*, 2009; Michael Tuttle *et al.*, 2010; Silberstein *et al.*, 2006, 2012) no tratamento do CDT.

No diagnóstico, na terapêutica e na monitorização da doença realizados por equipas multidisciplinares, conduz à tomada de decisões mais adequadas. Realizar a terapêutica mais adequada, reduz ao mínimo os insucessos e os excessos terapêuticos, o que é um dos principais objetivos em contexto da terapia.

Nos casos de hipertireoidismo ou CDT os procedimentos terapêuticos com  $^{131}\text{I}$  podem variar interinstituições de saúde.

**Tabela 15. Indicações, contraindicações e efeitos secundários da terapêutica com  $^{131}\text{I}$**

Terapêutica com $^{131}\text{I}$
<p><b>Indicações</b></p> <p>Pós-cirurgia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ablação de tecido tiroideu</li> <li>- Tratamento de metástases funcionais</li> </ul> <p>Durante o <i>follow-up</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratamento de metástases funcionais</li> <li>- Potencial tratamento de doentes com níveis de TG elevados</li> </ul>
<p><b>Contraindicações</b></p> <p>Absolutas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gravidez</li> <li>- Amamentação</li> </ul> <p>Relativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hipertireoidismo descontrolado</li> <li>- A orbitopatia ativa da tiroide (especialmente em fumadores)</li> <li>- Metástases ósseas com risco de compressão de estruturas importantes (e.g. medula óssea)</li> </ul>
<p><b>Efeitos secundários</b></p> <p>Efeitos colaterais agudos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sialadenite</li> <li>- Tiroidite da radiação</li> <li>- Edema do pescoço</li> <li>- Náuseas</li> <li>- Gastrite</li> <li>- Edema e hemorragia cerebral aguda</li> </ul> <p>Efeitos secundários a longo prazo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminuição dos glóbulos brancos, mielodepressão</li> <li>- Oligospermia</li> <li>- Insuficiência ovárica transitória</li> <li>- Xerostomia a longo prazo</li> <li>- Infertilidade</li> <li>- Fibrose pulmonar</li> <li>- Doenças secundárias, leucemia mielocítica aguda</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Schlumberger et al. (2012).

#### **3.1.4.1 Terapêutica com $^{131}\text{I}$ na doença de Graves, nódulos tóxicos e bócio nodular não tóxico**

O hipertireoidismo define a situação clínica desencadeada pelos níveis elevados de  $T_4$  e  $T_3$  em circulação (Bajén Lázaro *et al.*, 2012). A elevada concentração de  $T_4$  livre e  $T_3$  afeta o metabolismo de alguns órgãos, em cujo quadro clínico podem resultar, como sintomas mais frequentes palpitações, nervosismo, sudoração e perda de peso. A severidade dos sintomas é geralmente proporcional à concentração das hormonas (Bajén Lázaro *et al.*, 2012).

Duas das principais patologias de hipertiroidismo são a doença de Graves e o bócio nodular tóxico.

A doença de Graves é uma doença autoimune causada pelo excesso de produção de anticorpos, a imunoglobulina estimulante da tiroide, contra os recetores da TSH. Os anticorpos estimulam o aumento da secreção da TSH. No bócio nodular tóxico pode existir um ou mais nódulos autónomos que segregam  $T_4$  e  $T_3$  em excesso e que não são controlados pelo normal mecanismo de produção da  $T_4$  e  $T_3$  (Bajén Lázaro *et al.*, 2012).

Enquanto a doença de Graves afeta toda a glândula da tiroide, o bócio nodular tóxico é uma doença focal. Esta diferença no funcionamento da glândula implica diferenças no cálculo da atividade de  $^{131}\text{I}$  a administrar ao doente.

Os doentes com hipertiroidismo causado por tiroidite subaguda ou hipertiroidismo induzido por iodo não podem ser submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$  (Bajén Lázaro *et al.*, 2012).

Em contexto de hipertiroidismo após realização da terapêutica o doente tem alta. O doente recebe todas as restrições, recomendações e cuidados a ter, de forma a garantir uma adequada Proteção e Segurança contra as Radiações (PSR) para os cuidadores, familiares e público. Segundo a legislação portuguesa o doente pode realizar terapêutica de ambulatório, desde que a atividade administrada seja inferior a 740 MBq (20 mCi) (Decreto-Lei n.º 180/2002, 2002).

O número de dias de restrição varia em função do débito de dose efetiva medida a 1 metro de distância (Comissão Europeia, 1999).

#### 3.1.4.2 Terapêutica com $^{131}\text{I}$ no cancro da tiroide para ablação após tiroidectomia e destruição de tumor residual ou recorrente

No CDT o estadiamento pré-operatório é fundamental, com ou sem recurso à ECO e PAFF. No CDT o tratamento de eleição, na maioria dos casos, é a cirurgia, com tiroidectomia total ou parcial (Salgado, 2012).

A orientação terapêutica e prognóstico do doente depende da estratificação do risco (Tabela 12) (Salgado, 2012). No CDT a idade é um fator de prognóstico importante, não descuidando outros fatores como sexo, histologia, tamanho do tumor, extensão extratiroideia e a existência de metástases à distância (Salgado, 2012).



Após realização da terapêutica, em contexto oncológico, o doente fica internado em quarto terapêutico com condições adequadas a este procedimento. O período de internamento pode variar entre 24 a 48 horas. Antes do doente ter alta hospitalar é-lhe medido o débito de dose efetiva a 1 metro de distância (Comissão Europeia, 1999). O período de restrição que o doente tem de manter após alta hospitalar segue as recomendações expressas na Tabela 7.

### 3.1.4.3 Cálculo da atividade terapêutica

De entre todos os métodos existentes, a avaliação dosimétrica através de uma sonda dedicada e a avaliação dosimétrica por cintigrafia da tiroide têm especial ênfase, por serem os métodos escolhidos pelas principais associações de Medicina Nuclear dos Estados Unidos da América (a SNM) e da Europa (a EANM). Existe ainda o debate quanto ao cálculo da atividade terapêutica a administrar, particularmente se deve ser personalizada com base no *uptake* da tiroide ou com atividade fixa tendo por base o estadiamento da doença.

Daí a questão: qual o método mais adequado para otimizar a eficácia terapêutica e reduzir a dose de exposição?

Apresenta-se, assim, a análise de cada um dos protocolos propostos pela SNM e EANM.

#### PROTOCOLO SNM: AVALIAÇÃO DOSIMÉTRICA POR SONDAS

O protocolo de avaliação da captação de  $^{131}\text{I}$  por sonda, recomendado pela SNM, consiste em medir os fotões emitidos na zona da tiroide com recurso a uma sonda com um cristal de iodeto de sódio, revestida com chumbo e com um colimador adequado (Figura 37) (Balon *et al.*, 2006).

Para avaliar a captação de  $^{131}\text{I}$  o doente tem de fazer uma preparação



**Figura 37. Captação de  $^{131}\text{I}$  por sonda**

Fonte: Elsayes e Oldham (2014).

prévia, nomeadamente a suspensão de hormonas tiroideias e fármacos antitiroideos, no máximo de 6 semanas antes da avaliação, e a suspensão de alimentos, contrastes e medicamentos iodados, entre 7 e 14 dias antes da avaliação. Caso a doente esteja a amamentar deve suspender a amamentação pelo menos durante 6 semanas pós a avaliação. A gravidez é uma contraindicação à realização destes procedimentos (Balon *et al.*, 2006).

A medida da captação na tiroide deve ser realizada entre as 18 e as 24 horas após a administração, de forma a permitir que a concentração de iodo seja a necessária para uma medição mais precisa (Silberstein *et al.*, 2012), sendo que, em algumas circunstâncias, esta pode ser feita entre as 2 e as 6 horas (Balon *et al.*, 2006).

Para determinar a captação do iodo pela tiroide é necessário realizar 4 medidas de atividade (em contagens por minuto (cpm)): uma anterior a nível do pescoço, com a sonda a uma distância de 25 a 30 cm; uma a nível da porção inferior da coxa (direita ou esquerda), para medir a atividade de fundo vascular, mantendo a mesma distância da sonda utilizada na medida do pescoço; uma medida da atividade administrada; e uma medida da radiação ambiente, preferencialmente numa sala sem fontes radioativas (Balon *et al.*, 2006).

A percentagem de captação de iodo radioativo (RAIU, do acrónimo em inglês *Radioiodine uptake*) calcula-se segundo a equação Eq. 8 (Balon *et al.*, 2006):

$$RAIU = \frac{\text{contagens no pescoço (cpm)} - \text{contagens na coxa (cpm)}}{\text{contagens da atividade administrada (cpm)} - \text{contagens de fundo (cpm)}} \times 100\% \quad \text{Eq. 8}$$

O valor obtido deve ser comparado com os valores de referência de doentes com eutiroidismo, presentes na literatura ou definidos por estudos no serviço. Segundo a literatura, o valor normal de captação varia entre 10 e 35% às 24 horas e entre 6 e 18% às 4 horas (Balon *et al.*, 2006).

Para determinar a atividade terapêutica, para além da percentagem de captação de iodo na tiroide, existem outros parâmetros necessários como a semivida biológica do iodo na tiroide e o tamanho da glândula, que deve ser determinado por ECO (Silberstein *et al.*, 2012).

A partir destas medições, a SNM indica que a atividade administrada deve estar compreendida entre 3 e 8 MBq por grama de tecido tiroideu. O valor mínimo deste intervalo (3 MBq/g) é especificamente utilizado de forma a permitir que o doente alcance um estado de eutiroidismo (Balon *et al.*, 2006).

A SNM recomenda este método, no entanto em alguns casos recorre a atividades fixas e empíricas, nomeadamente em doentes com doença de Graves, bócios multinodular tóxicos e nódulos solitários tóxicos. Por exemplo, nos nódulos solitários tóxicos com dimensões entre 1,5 e 3 cm é recomendada uma terapêutica com 550 MBq (14,9 mCi); em nódulos com maiores dimensões são recomendadas atividades mais altas (Silberstein *et al.*, 2012).

#### PROTOCOLO EANM: AVALIAÇÃO DOSIMÉTRICA POR CINTIGRAFIA DA TIROIDE

Na EANM ainda está em discussão qual o melhor protocolo para determinar a atividade a administrar nas diferentes patologias da tiroide (Stokkel *et al.*, 2010). Discute-se qual das duas opções é a mais indicada – se aplicar atividades fixas ou atividades ajustadas calculadas através da avaliação da captação de iodo radioativo. O cálculo individual da atividade é a abordagem aconselhada em doentes com idades inferiores a 45 anos e, especialmente, em crianças com indicação para terapêutica com iodo (Stokkel *et al.*, 2010).

A fórmula recomendada para o cálculo da atividade necessária para uma terapia otimizada é a seguinte Eq. 9 (Stokkel *et al.*, 2010):

$$A[\text{MBq}] = \frac{F}{\ln 2} \times \frac{M[\text{g}] \times D[\text{Gy}]}{\int_0^{\infty} \text{RAIU}(t) dt} \quad \text{Eq. 9}$$

em que A é a atividade terapêutica, F é o fator de conversão entre Coulomb por quilograma e Gray, M é a massa do alvo e D é a dose do alvo. Para o cálculo da RAIU, a EANM propõem a seguinte equação (Eq. 10) (Stokkel *et al.*, 2010):

$$\text{RAIU} = \frac{\text{atividade na tiroide}}{\text{atividade administrada}} \times 100\% \quad \text{Eq. 10}$$

O protocolo de doses fixas normalmente é abordado por estimativa do tamanho da glândula através da palpação ou medido através de ultrassonografia e cintigrafia. A atividade calculada normalmente varia entre 200 - 800 MBq (5,4 - 21,6 mCi), mas na maioria das vezes a atividade administrada varia entre 400 - 600 MBq (10,8 - 16,2 mCi) (Stokkel *et al.*, 2010).

No caso de ser terapêutica ablativa de remanescente de tecido tiroideu de CDT, normalmente administra-se uma dose única com atividade entre 1 - 5,5 GBq (37 - 150 mCi) e nas metástases da tiroide entre 3,7 - 7,4 GBq (100 - 200 mCi) ou superior a 7,4 GBq (200 mCi) (Luster *et al.*, 2008; Silberstein *et al.*, 2012). As doses anteriormente referidas aplicam-se a adultos. Em crianças esta atividade deve ser ajustada em função do peso ( $1,85-7,4 \text{ MBq.Kg}^{-1}$ ), da superfície corporal ou da idade ( $\frac{1}{3}$  da atividade de um adulto até aos 5 anos,  $\frac{1}{2}$  da atividade até aos 10 anos e  $\frac{5}{6}$  da atividade até aos 15 anos) (Luster *et al.*, 2008).

No entanto estas atividades trazem alguma controvérsia nos diferentes serviços de Medicina Nuclear (Luster *et al.*, 2008; Silberstein *et al.*, 2012)

Na terapêutica do cancro da tiroide, o cálculo da atividade terapêutica pode ser feita por um dos métodos ou pelos dois em simultâneo: a dosimetria baseada na(o) lesão/tecido tiroideu residual e a dosimetria na medula óssea (Luster *et al.*, 2008).

De forma a realizar estes cálculos é necessário medir a captação e a *clearance* do  $^{131}\text{I}$  no tecido tiroideu residual identificado e nas metástases do carcinoma (Luster *et al.*, 2008).

Para calcular esta concentração de  $^{131}\text{I}$ , é necessário saber a atividade da lesão, e.g. através de análise de regiões de interesse (ROIs, do acrónimo em inglês *Region Of Interest*) nas imagens realizadas na câmara gama (Figura 38). Normalmente, estas imagens são realizadas 96 horas após a administração do radiofármaco (Luster *et al.*, 2008).

O cálculo da atividade individual a administrar é feito a



**Figura 38. Posicionamento do doente para realizar imagem da tiroide com  $^{131}\text{I}$  na câmara gama com um colimador pinhol**

Fonte: Elsayes e Oldham (2014).

partir da atividade que se objetiva que chegue ao tumor ou metástases. A dose absorvida aceitável, para uma elevada eficácia, deve ser superior a 300 Gy em tecido residual e superior a 80 Gy em metástases. No entanto, a dose absorvida pela medula óssea tem de que ser inferior 2 Gy, de forma a não ocorrer risco de mielotoxicidade (Luster *et al.*, 2008).

A equação recomendada para o cálculo da dose absorvida pelo tecido alvo é a seguinte:

$$\bar{D} = \frac{\tilde{A} \times S \times m_r}{m_t} \quad \text{Eq. 11}$$

sendo  $\bar{D}$  a média da dose absorvida pela(o) lesão/tecido residual,  $\tilde{A}$  a atividade acumulada (integral da curva atividade/tempo),  $m_r$  a massa referência da tiroide (20,7 g),  $m_t$  a massa da(o) lesão/tecido residual e  $S$  o valor da autoirradiação da tiroide ( $5,652 \times 10^{-3} \text{ Gy MBq}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) definido pela *Medical Internal Radiation Dose (MIRD)* (Luster *et al.*, 2008).

No entanto, o cálculo da massa da lesão é uma variável no cálculo da dosimetria, não existindo um método validado para determinar tecido residual após terapia. Consequentemente é necessário haver uma medida rigorosa da dose absorvida pelo tecido alvo. Como solução podem-se realizar imagens em equipamentos com elevada resolução espacial, que permitam proceder à correção de atenuação na cintigrafia da tiroide, obtendo-se assim uma massa mais precisa (Luster *et al.*, 2008).

Caso se prefira medir a dose absorvida por unidade de sangue, ou seja, pela medula óssea, é aconselhável o seu cálculo a partir da seguinte equação (Eq. 12):

$$\frac{D_{\text{blood}}}{A_0} \left[ \frac{\text{Gy}}{\text{GBq}} \right] = 108 \times \tau_{\text{ml of blood}}[h] + \frac{0,0188}{(wt[\text{Kg}])^{2/3}} \times \tau_{\text{total body}}[h] \quad \text{Eq. 12}$$

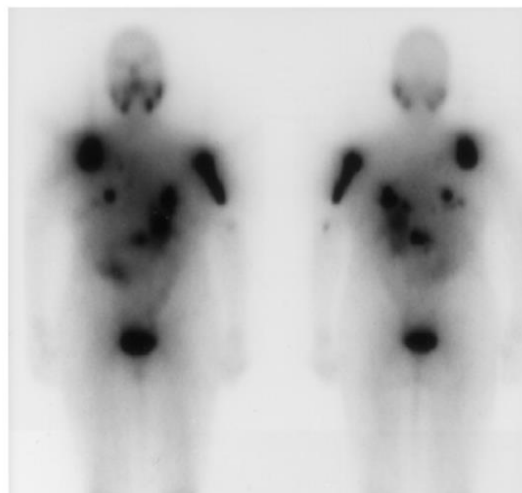
sendo  $\tau_{\text{total body}}[h]$  e  $\tau_{\text{ml of blood}}[h]$  a representação do integral da curva atividade-tempo nesse órgão (atividade acumulada) dividido pela atividade administrada ( $A_0$ ) e  $wt$ , isto é, o peso do doente (Luster *et al.*, 2008).

A atividade administrada não deve levar a uma dose absorvida superior a 5 Gy.

Caso não se realize o estudo dosimétrico pré-terapêutico, administram-se atividades fixas baseadas nas características e idade do doente (Luster *et al.*, 2008).

A Figura 39 apresenta uma cintigrafia corporal com  $^{131}\text{I}$ , em que alguns dos focos de hipercaptação do  $^{131}\text{I}$  correspondem a metástases do carcinoma folicular da tireoide.

Na prática clínica é comum definir-se atividades fixas de  $^{131}\text{I}$  consoante o grupo de risco do doente a tratar (baixo ou alto risco de recidiva/recorrência do cancro da tireoide).



**Figura 39. Cintigrafia corporal com  $^{131}\text{I}$ , imagem de corpo inteiro em anterior (esq.) e posterior (dta.), num doente com metástases do carcinoma folicular da tireoide**

Fonte: Sherman (2003)

#### **3.1.4.4 Recomendações de proteção contra as radiações após terapêutica**

Quando o doente realiza a terapêutica em regime de internamento não são aconselhadas visitas, com o intuito de reduzir a exposição das pessoas que lhe são mais próximas. Na maioria dos casos o internamento tem a duração de 48 horas, apesar dos internamentos com a duração de 24 horas serem cada vez mais frequentes nos doentes de baixo risco (que são tratados com 1110 MBq (30mCi) de  $^{131}\text{I}$ ) (Comissão Europeia, 1999; IAEA, 2010; ICRP, 2004).

Durante o internamento, o doente deverá cumprir as normas do serviço em relação ao isolamento, refeições, tratamento de resíduos, entre outras, que devem ser facultadas em suporte papel e verbalmente (Comissão Europeia, 1999; IAEA, 2010; ICRP, 2004).

Após alta hospitalar, o doente deve seguir as restrições que lhe são indicadas pelo médico, as quais lhe devem ser facultadas em suporte papel e verbalmente (Comissão Europeia, 1999; IAEA, 2010; ICRP, 2004).

O documento “Proteção contra as radiações 97: protecção contra as radiações ionizantes após terapêutica com iodo-131 (exposições devidas a doentes ambulatoriais ou a doentes após receberem alta)” da Comissão Europeia (1999), apresenta instruções específicas a fornecer ao doente, as quais se encontram explicadas/expostas no Anexo 9.

### 3.2 PROTEÇÃO E SEGURANÇA CONTRA AS RADIAÇÕES NA TERAPÊUTICA COM IODO-131

A desintegração espontânea dos átomos – designada por radioatividade – e o excesso de energia emitido é uma forma de radiação ionizante (WHO, 2016). Os elementos instáveis que se desintegram e emitem radiação ionizante são chamados radionuclídeos (WHO, 2016).

Todos os radionuclídeos são exclusivamente identificados pelo tipo de radiação que emitem, a energia da radiação e o seu período de semidesintegração (WHO, 2016).

Os radionuclídeos encontram-se numa forma instável e decaem por emissão de radiação corpuscular ou eletromagnética para adquirirem uma configuração estável do núcleo, em prótons e neutrões (Saha, 2001).

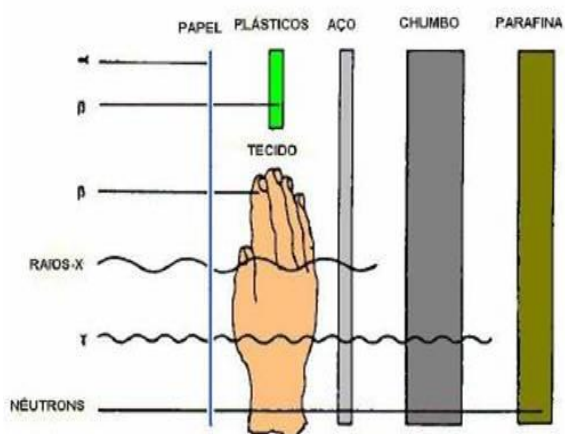
Os radionuclídeos podem decair por uma ou mais das formas de decaimento existentes, isto é por decaimento  $\alpha$ ,  $\beta^-$ ,  $\beta^+$ ,  $\gamma$ , captura eletrónica e fissão espontânea.

Para o  $^{131}\text{I}$ , entre as seis formas de decaimento dá-se especial enfoque à emissão  $\gamma$  (transições isoméricas) e decaimento  $\beta^-$ , por serem as predominantes, conforme expresso na Figura 25. Esquema de decaimento do  $^{131}\text{I}$

A radiação  $\gamma$  é emitida por núcleos instáveis logo a seguir à emissão de uma partícula  $\alpha$  ou  $\beta$ . A radiação  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  têm diferentes poderes de penetração nos materiais (Figura 40), o que origina a necessidade de diferentes cuidados de proteção e segurança contra as radiações.

Os doentes que realizam terapêutica com  $^{131}\text{I}$  para CDT e hipertireoidismo podem organizar-se em dois grupos, conforme as normas de PSR a considerar nestes doentes.

A ICRP 97 (Comissão Europeia, 1999) apresenta orientações bem definidas para



**Figura 40. Poder de penetração e blindagem das radiações ionizantes**

Fonte: Adaptado de Biosafety-Level - Radiação, [s.d.].

os doentes com carcinoma da tiroide e com hipertiroidismo.

Na sua maioria, os Estados-Membros da União Europeia aplicam um tipo de restrição de dose, com base na atividade residual, a fim de limitar as doses a que um doente tratado pode expor outros indivíduos. Utilizam-se estes limites de dose na tomada de decisão se é ou não um doente com terapêutica de internamento ou em ambulatório e, no caso dos doentes de internamento, serve para fundamentar a decisão de poderem ter ou não alta hospitalar (Comissão Europeia, 1999).

No que diz respeito ao critério de decisão de ser ou não terapêutica de ambulatório também há que ter presente os limites legislados no país.

Para além da justificação, existe obviamente a necessidade de otimizar a proteção de outras pessoas, de modo a manter a dose a um nível tão baixo quanto razoavelmente possível (Comissão Europeia, 1999).

### **3.2.1 Critérios de alta em doentes após terapêutica com $^{131}\text{I}$**

Muitos países e autoridades reguladoras, após a terapêutica com radionuclídeos, usam uma abordagem na alta médica, baseada na atividade residual no doente. Isto pode ser adicional à abordagem fundamentada no limite de dose/restrrição descrita na secção 2.6 ou, em alguns casos, o limite de dose/restrrição é usado como uma alternativa à atividade residual (Fisher *et al.*, 2010; IAEA, 2009, 2010; ICRP, 2004).

A medida de Proteção e Segurança Radiológica a considerar depende da fração de  $^{131}\text{I}$  ligada, que fica após o período de internamento e a quantidade de  $^{131}\text{I}$  livre a eliminar (IAEA, 2009).

Os limites de exposição recomendados para o público, familiares, cuidadores e profissionais têm sido interpretados de forma diferente pelos diversos países. Daqui resulta que os limites de dose para alta dos doentes variam entre países, os quais se podem observar na Tabela 16.

Dá-se como exemplo os USA (Crane, 2012) em que a *U.S. Nuclear Regulatory Commission* não estabelece valores de atividade máxima para a alta médica, nos doentes submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$ . Até 1997, a *Nuclear Regulatory Commission* usou os 1110 MBq como limite máximo para terapêutica de ambulatório. Desde 1997, não há um limite de atividade terapêutica que obrigue a internamento, desde que a dose provável de exposição para qualquer outra pessoa não excedam o



limite de 5 mSv, independentemente da idade, se são lactantes ou mães que amamentam (Crane, 2012; Silberstein *et al.*, 2012).

**Tabela 16. Limites de dose para alta hospitalar na terapêutica com  $^{131}\text{I}$ , em diferentes países**

País	Limites de $^{131}\text{I}$ (MBq) para alta terapêutica
Austrália	600
Brasil (Oliveira <i>et al.</i> , 2008)	$\leq 1110$ ou $1,8 \mu\text{Ci.kg}^{-1}$ a 1 metro
Japão	500 ou $<30 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ a 1 metro
Sri Lanka	1850 ou $<30 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ a 1 metro
USA	1200*
Alemanha	250 (baseados nos $3,5 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ a 1 metro)
Finlândia	800
Suécia	600
Portugal (Comissão Europeia, 1999)	$<740$
Outros membros da UE	95-800, na maioria 400-600

\* Valor histórico antes da mudança da abordagem baseada nos 5 mSv.

Fonte: Adaptado de Hewamanna, Loganathan, & Perera (2014) e IAEA (2009b).

Nos USA, a terapêutica de ambulatório tornou-se prática comum para atividades terapêuticas  $\geq 7400$  MBq. As companhias de seguros recusaram-se a pagar o internamento hospitalar dos doentes que realizavam terapêutica com  $^{131}\text{I}$  e, em consequência disso, os doentes passaram a fazer o seu período de restrições não no seu domicílio mas em hotéis, onde são um perigo para outros atores, nomeadamente para os trabalhadores desses espaços, que tipicamente estão em idade fértil, podendo até haver mulheres grávidas ou a amamentar (Crane, 2012; Silberstein *et al.*, 2012). Considerando como exemplo este tipo de comportamentos houve sugestões para a revisão das normas da *Nuclear Regulatory Commission* (Crane, 2012).

Em Portugal, o doente realiza terapêutica de ambulatório desde que a atividade administrada seja  $<740$  MBq (20 mCi) (Decreto-Lei n.º 180/2002, 2002).

A atividade terapêutica administrada pode variar entre 100 a 1000 MBq (2,7 - 27 mCi) nos doentes com hipertireoidismo (ICRP, 2004), 4000 - 8000 MBq (108 - 216 mCi) nos doentes com CDT (ICRP, 2004) e no caso de metastização à distância 3700 - 7400 MBq (100 -200 mCi) (Luster *et al.*, 2008).

Para os doentes que realizam terapêutica para CDT e/ou metastização à distância, a atividade administrada é significativamente superior aos 740 MBq, o que

obriga a internamento. Para além disso, estes doentes necessitam habitualmente de cuidados médicos durante o período inicial da terapêutica. Após dois ou três dias de internamento, a atividade residual dos doentes será suficientemente baixa para justificar a alta hospitalar (Comissão Europeia, 1999).

Já nos doentes com hipertiroidismo, a atividade administrada é  $<740$  MBq, permitindo-lhes a terapêutica de ambulatório. No entanto a exposição de familiares e de outras pessoas, cuja saúde não beneficia da exposição, terá de ser justificada por motivos sociais, económicos e psicológicos, devendo estes aspetos ser ponderados em função do risco de exposição a que estão sujeitos (Comissão Europeia, 1999).

Em suma, os doentes com CDT estão num *status* de hipotiroidismo para garantir o sucesso terapêutico, sendo que a necessidade de internamento com isolamento devido à terapêutica realizada pode trazer problemas psicológicos importantes (Oliveira *et al.*, 2008). Doentes em contexto pediátrico, com problemas psicológicos ou dificuldades de mobilidade, podem ter que requerer a necessidade de estarem acompanhados por outra pessoa (Oliveira *et al.*, 2008). Avaliado cada caso individualmente e as instalações dos quartos de internamento, o doente pode ficar acompanhado no mesmo quarto ou em quartos separados. No entanto, aos doentes e familiares/cuidadores são-lhes comunicadas normas de radioproteção.

Com isto “é evidente, o aspeto económico – manter os doentes em tratamento no hospital é dispendioso – desempenha um papel importante nesta decisão” (Comissão Europeia, 1999).

Instituições e organizações como ICRP, IAEA e a NCRP concordaram que a decisão de se realizar terapêutica de internamento ou de ambulatório deve ser determinada individualmente e deve-se basear em critérios de dose e não em critérios de atividade residual (Fisher *et al.*, 2010).

## Capítulo 4 - Paradigma das Radiações Ionizantes na Saúde Pública

---

A exposição a radiações ionizantes, segundo a ICRP pode ser categorizada como ocorrendo em três tipos de situações (ICRP, 2007). Uma das situações pode ser considerada a exposição planeada, que resulta da utilização de fontes radioativas em procedimentos médicos, para fins de diagnóstico ou terapêutica, e a utilização da radiação na indústria ou investigação (WHO, 2016). O segundo tipo de situação é a exposição existente e.g. ao radão em casas ou locais de trabalho, a exposição a radiação natural do fundo ambiente, para as quais têm que ser tomadas medidas de monitorização e/ou controlo (WHO, 2016). O terceiro tipo abrange as exposições de emergência, resultantes de eventos inesperados que exigem uma resposta rápida, como os acidentes ou emergências radiológicas e/ou nucleares (WHO, 2016).

Estudos epidemiológicos em populações expostas às radiações, como os sobreviventes da bomba atômica ou doentes submetidos a radioterapia, mostram um aumento significativo do risco de cancro para doses superiores a 100 mSv (WHO, 2016). Mais recentemente, alguns estudos epidemiológicos em indivíduos expostos durante a infância com fins médicos (exames pediátricos de Tomografia Computorizada), sugerem que o risco de cancro pode aumentar mesmo com baixas doses (entre 50-100 mSv) (WHO, 2016).

A compreensão do papel de exposição a radiações na ocorrência de cancro é um problema, para o qual contribui a dificuldade da natureza estocástica de ocorrência do cancro e o facto de serem indistinguíveis os cancros radiogénicos dos não radiogénicos (Monson *et al.*, 2006).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), todas as pessoas estão expostas a radiações ionizantes, mas em diferentes circunstâncias, e.g. em casa ou em locais públicos (exposições públicas), nos seus locais de trabalho (exposição ocupacional) ou em ambiente médico (exposição médica, como é o caso dos pacientes, cuidadores e voluntários) (WHO, 2016).

Há dois outros aspetos da exposição à radiação que é preciso entender, para avaliar adequadamente o risco para a saúde pública (WHO, 2016):

1. Nem todas as pessoas expostas à radiação são igualmente afetadas.
2. A exposição a radiação por fontes internas (exposição interna) é muito diferente do que se ocorrer por fontes externas (exposição externa).

Os dois componentes essenciais na avaliação do risco são a medida de dose de exposição a radiações ionizantes e a medida de ocorrência da doença. Medir a exposição à radiação na população é um problema desafiador, que conduz a questões de dosimetria; já os estudos epidemiológicos vislumbram a medida de ocorrência da doença. A avaliação da associação entre a exposição e a ocorrência da doença é auxiliada pela utilização de modelos matemáticos (Monson *et al.*, 2006).

Para que as ações de proteção da saúde e de prevenção da doença se traduzam em ganhos efetivos de saúde, por parte dos indivíduos e dos grupos populacionais, é necessário considerar, além dos fatores endógenos inerentes ao próprio indivíduo, todas as influências exógenas provenientes do seu ambiente externo que, de alguma forma, o podem afetar (Sousa-Uva, 2006).

A OMS como medida de proteção contra a exposição radiológica de origem ambiental, em situações planeadas ou emergentes, desenvolveu um programa contra os riscos para a saúde dos doentes, trabalhadores e membros do público. Este programa recorre-se de ferramentas de avaliação do risco resultantes da exposição radiológica, de gestão de procedimentos e da comunicação e informação do público-alvo, com a finalidade de proteger a Saúde Pública (WHO, 2016).

## **PARTE II – Estudo Empírico**

---



## Capítulo 5 - Materiais e métodos

### 5.1 TIPO DE ESTUDO

No delineamento do estudo e com a finalidade de atingir os objetivos propostos descreve-se um estudo observacional analítico transversal (Abrantes, Tavares e Godinho, 1989; Beaglehole, Bonita e Kjellström, 2003; Ribeiro, 1999), realizado entre Janeiro de 2012 e Outubro de 2015.

### 5.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

O estudo desenvolveu-se em Portugal, no Serviço de Medicina Nuclear (SMN) de duas unidades hospitalares de referência a nível nacional, a saber, o Instituto Português de Oncologia de Lisboa Francisco Gentil, E.P.E., e o Centro Hospitalar da Universidade de Coimbra, E.P.E., localizadas geograficamente segundo as Nomenclaturas de Unidades Territoriais (NUTs) II, em Lisboa e Vale do Tejo e no Centro, respetivamente (Figura 41).

Tendo presente a abrangência deste estudo, define-se como população os familiares/cuidadores que coabitam com doentes submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$ , no período após terem alta hospitalar, numa amostra por conveniência (Aguir, 2007;

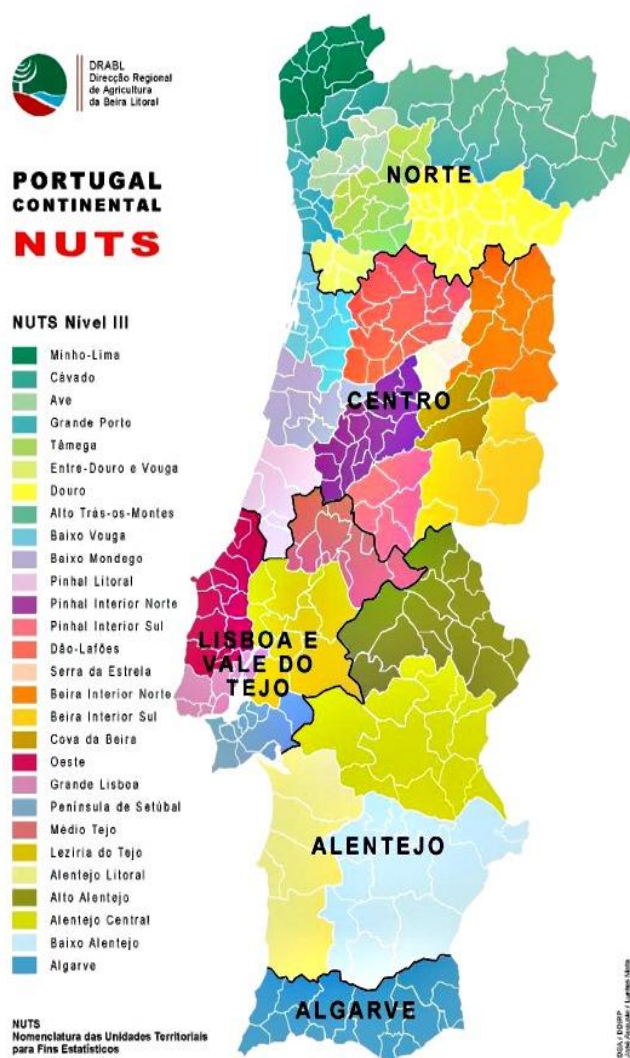


Figura 41. Mapa de Portugal continental, com NUTs II e NUTs III

Fonte: DRAP Centro (2002).

Dias, 2009; Fortin, Côté e Filion, 2009).

### 5.3 METODOLOGIA

No âmbito da terapêutica com  $^{131}\text{I}$  há que ter em consideração a patologia para as quais se direciona a terapêutica. Este estudo tem como enfoque a terapêutica com  $^{131}\text{I}$  no hipertireoidismo e CDT.

As duas instituições de saúde supracitadas passam a ser designadas como Hosp\_A e Hosp\_B, identificação atribuída aleatoriamente para garantir o anonimato dos resultados analisados de cada instituição.

Todo o procedimento terapêutico em estudo contempla várias fases, tais como (i) determinação da atividade terapêutica de  $^{131}\text{I}$  a administrar ao doente, (ii) critérios de internamento e alta hospitalar e (iii) restrições do doente após alta hospitalar.

Com base nas diretrizes internacionais, na legislação e regulamentação nacional e internacional, o Hosp\_A e Hosp\_B redigiram os seus procedimentos normativos a aplicar nas diferentes fases do procedimento terapêutico.

Na descrição do método optou-se por explicar separadamente o procedimento terapêutico aplicado no Hosp\_A e Hosp\_B, por existirem diferenças em alguns procedimentos.

De seguida descreve-se o método seguido na monitorização da exposição externa e interna dos familiares/cuidadores e técnicas de quantificação da dose externa e interna recebida pelos familiares/cuidadores.

Neste estudo existem dois atores: os doentes e os familiares/cuidadores. A Figura 42 representa o plano de intervenção do estudo em cada um dos intervenientes.

Previamente à administração da terapêutica aos doentes, foi apresentado aos doentes e familiares/cuidadores o estudo de investigação que se estava a desenvolver, sendo questionados do seu interesse em participar. Ao doente e seu(s) familiar(es)/cuidador(es) que acederam participar no estudo, no final da consulta médica no SMN, antes da alta hospitalar, procedeu-se à entrega dos questionários, dos dosímetros TLD e dos frascos para recolha de urina.

A devolução dos dosímetros foi realizada por intermédio dos CTT – Correios de Portugal. As amostras de urina foram pessoalmente recolhidas pela investigadora, no domicílio dos participantes.



Segue-se a descrição das 6 fases que foram abordadas no estudo. As fases I, II e III estão associadas aos procedimentos realizados aos doentes. Nas fases IV, V e VI descrevem-se os procedimentos realizados aos familiares/cuidadores. A fase IV contempla o inquérito por questionário realizado, na fase V o método de monitorização e avaliação da exposição externa  $^{131}\text{I}$  dos familiares/cuidadores: na fase VI foi efetuada a avaliação, por espectrometria gama, da incorporação de  $^{131}\text{I}$  (presumivelmente por inalação) e a correspondente dosimetria interna (Figura 42).

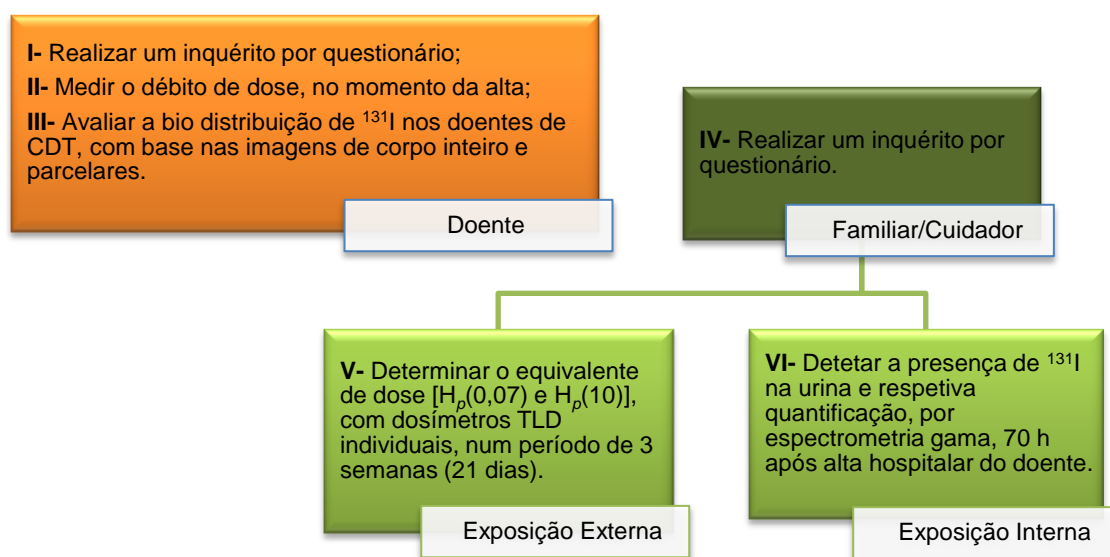


Figura 42. Plano do estudo nos doentes e familiares/cuidadores

### 5.3.1 Fase I - Procedimento terapêutico: critérios de internamento e alta hospitalar

No respeitante aos critérios de internamento, o Hosp\_A e Hosp\_B, seguem o regulamentado em Portugal – o doente realiza terapêutica de internamento desde que a atividade administrada seja  $\geq 740 \text{ MBq}$  ( $\geq 20 \text{ mCi}$ ) (Decreto-Lei n.º 180/2002, 2002), como referido no subcapítulo 3.2.1.

O radiofármaco administrado aos doentes foi iodeto de sódio  $^{131}\text{I}$ .

Aos doentes, na consulta pré-terapêutica, foi-lhes explicado e entregue toda a informação relativa à realização da terapêutica, procedeu-se ao esclarecimento de dúvidas e foram explicitados os cuidados a ter após terapêutica. O Anexo 10 e Anexo

11 são exemplos da informação entregue aos doentes do Hosp\_A, o Anexo 12 e Anexo 13, são exemplos da informação entregue aos doentes do Hosp\_B.

### 5.3.1.1 Fase I nos doentes com hipertiroidismo

As especificações entre o Hosp\_A e Hosp\_B, neste procedimento, são similares.

A administração do radiofármaco (<740 MBq) ocorreu por via oral, em formato cápsula (Figura 43). A atividade administrada foi previamente calculada em função do quadro clínico e características individuais dos doentes. Nas crianças e adolescentes a atividade a administrar é uma fração da dose do adulto, calculada com base no peso e/ou área corporal (Luster *et al.*, 2008), de acordo com as Eq. 13 e Eq. 14, respetivamente:

$$\begin{aligned} & \text{Dose Pediátrica (MBq)} \\ &= \frac{\text{Dose do adulto (MBq)} \times \text{Peso da criança (Kg)}}{70 \text{ Kg}} \end{aligned} \quad \text{Eq. 13}$$

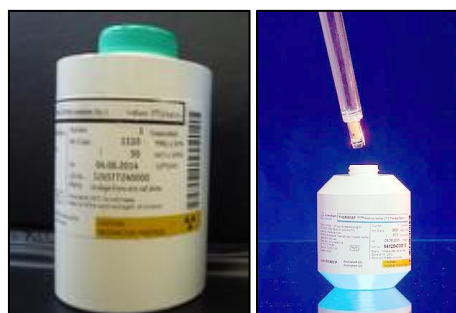
$$\begin{aligned} & \text{Dose Pediátrica (MBq)} \\ &= \frac{\text{Dose do adulto (MBq)} \times \text{Área corporal da criança (m}^2\text{)}}{1,73 \text{ m}^2} \end{aligned} \quad \text{Eq. 14}$$

Aos doentes, foi explicada e entregue em suporte papel (e.g. Anexo 14, Anexo 15, Anexo 16 e Anexo 17) toda a informação dos cuidados de proteção contra as radiações e das restrições a terem, num dado período de tempo.

Após administração do radiofármaco, os doentes tiveram alta do SMN.

Nos doentes com hipertiroidismo, o débito de dose efetiva não foi medido por não estar descrito nos procedimentos.

Nestes doentes de ambulatório, de acordo com a publicação da Comissão Europeia (1999) - Proteção contra as radiações 97:



**Figura 43. Capsula de <sup>131</sup>I, em contentor de chumbo próprio**

Fonte: Canterburg, 2015.

“A actividade residual é igual à actividade administrada, mas a fase de excreção rápida decorrerá quando o doente estiver em casa: isto significa que, para actividades residuais comparáveis no momento da alta, as doses para familiares e amigos próximos serão superiores no caso de doentes internados com alta posterior do que no caso de doentes que foram tratados em serviço ambulatório.” (Comissão Europeia, 1999, p.14).

O débito de dose efetiva à distância de 1 metro, nos doentes com hipertiroidismo, foi estimado com base nas especificações da Tabela 7.

#### 5.3.1.2 Fase I nos doentes com CDT

Aos doentes com CDT, foi administrado o radiofármaco por via oral, em cápsula (Figura 43). A atividade administrada foi previamente calculada em função do quadro clínico e características individuais dos doentes.

As especificações no internamento entre o Hosp\_A e Hosp\_B, apresentam algumas diferenças, as quais passam a ser descritas individualmente.

- HOSP A

O doente permaneceu internado em quarto terapêutico (área controlada) (Figura 44), durante um período de 48 horas. Após este período de internamento, foi medido o débito de dose do doente a 1 metro de distância (Figura 45), com um monitor de radiação Victoreen / Model 190 (Figura 46) devidamente calibrado, em três zonas: pescoço, abdómen e pés. O doente teria alta desde que o débito de dose fosse inferior a  $30 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ .

- HOSP B

O doente permaneceu internado em quarto terapêutico (área controlada) (Figura 44), durante um período de 48 horas, após as quais foi medido o débito de dose efetiva do doente a 1 metro de distância (Figura 45), na zona do pescoço, com um contador de radiação Geiger-Müller, marca Tema Sinergie, modelo TAM/S devidamente calibrado. Os critérios de alta hospitalar seguiram as recomendações da “Proteção contra as radiações 97: protecção contra as radiações ionizantes após terapêutica com iodo-131 (exposições devidas a doentes ambulatorios ou a doentes após receberem alta) (Comissão Europeia, 1999; European Commission, 1998).



**Figura 44. Quarto terapêutico com casa de banho (área controlada)**

Fonte: IAEA (IAEA, 2010).



**Figura 45. Medida do débito de dose efetiva a 1 metro de distância**



**Figura 46. Survey Meter Victoreen Model 190**

### **5.3.2 Fase II - Procedimento terapêutico: avaliação da terapêutica**

A avaliação da terapêutica por cintigrafia corporal com  $^{131}\text{I}$  tem como finalidade (i) verificar a existência e localização de resíduos de tecido tiroideu funcionante, após cirurgia do cancro da tiroide ou após terapêutica para ablação da tiroide e (ii) verificar a existência e localização de metástases ávidas de iodo, resultantes do cancro da tiroide (ACR, 2009; Luster *et al.*, 2008).

#### **5.3.2.1 Fase II nos doentes com hipertiroidismo**

A cintigrafia corporal com  $^{131}\text{I}$ , em ambas as instituições hospitalares, não está protocolada nos doentes que realizam terapêutica para hipertiroidismo.

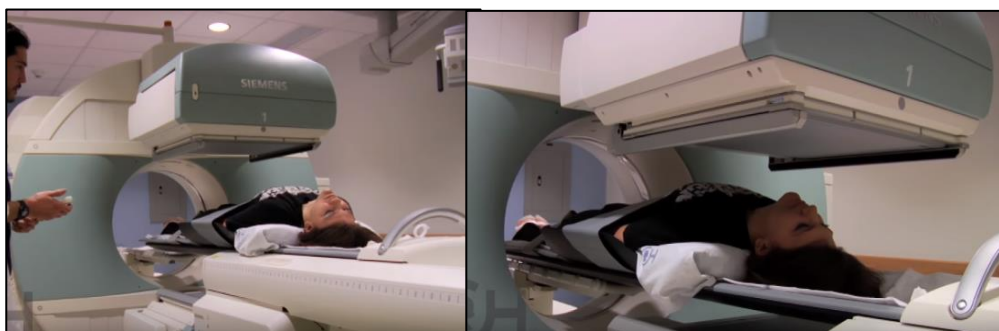
### 5.3.2.2 Fase II nos doentes com CDT

Nos doentes com CDT, está protocolado a realização de cintigrafia corporal com  $^{131}\text{I}$  (Figura 47), cujas condições técnicas do Hosp\_A e Hosp\_B estão descritas na Tabela 17. A cintigrafia corporal com  $^{131}\text{I}$  é realizada após 7 dias (Figura 48) e 48 horas (Figura 49), após administração da terapêutica, no Hosp\_A e Hosp\_B, respetivamente.

**Tabela 17. Protocolo de aquisição da cintigrafia corporal com  $^{131}\text{I}$ , após terapêutica, no Hosp\_A e Hosp\_B**

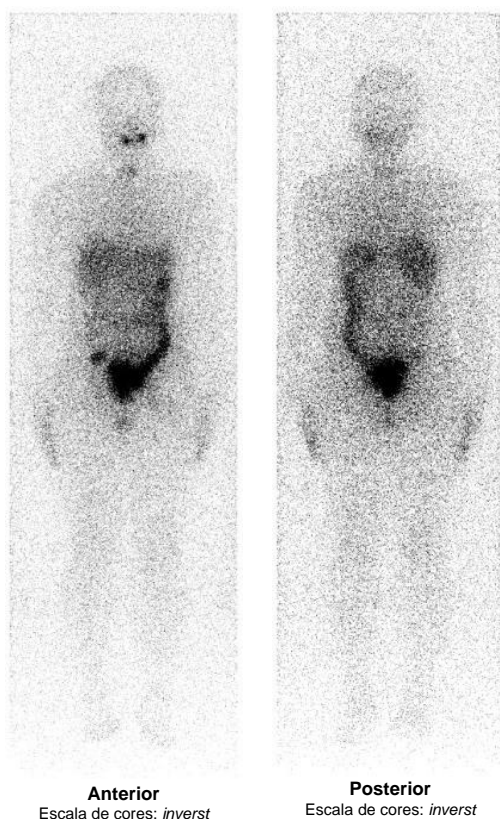
	HOSP_A	HOSP_B
<b>Cintigrafia corporal com <math>^{131}\text{I}</math></b> (nº de dias após administração da terapêutica)	7	2
<b>Varrimento de Corpo Inteiro (condições de aquisição de imagem)</b>		
<b>Posicionamento</b>	Decúbito dorsal com braços ao longo do corpo	
<b>Colimador</b>	HELR*	HELR*
<b>Pico de energia (keV)</b>	364	364
<b>Janela de energia (centrada no fotópico) (%)</b>	20	20
<b>Matriz (pixel)</b>	256x1024	256x1024
<b>Velocidade (cm.min-1)</b>	8	16

\* HELR, Alta Energia Baixa Resolução, do acrónimo em inglês *Hight Energy Low Resolution*.

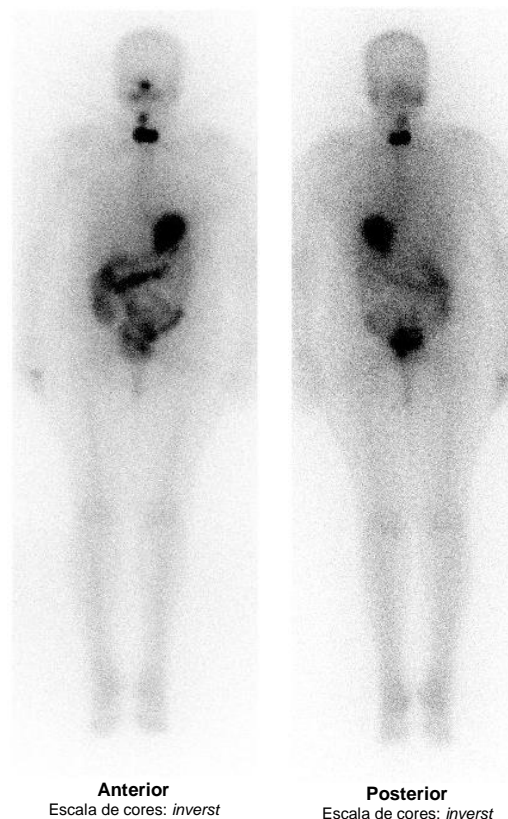


**Figura 47. Cintigrafia corporal com  $^{131}\text{I}$ : posicionamento do doente (esq.) e aquisição de imagem (dta.)**

Fonte: The Children's Hospital of Philadelphia (2012).



**Figura 48. Cintigrafia corporal com  $^{131}\text{I}$ , varrimento de corpo inteiro 7 dias após terapêutica para CDT: protocolo Hosp\_A**



**Figura 49. Cintigrafia corporal com  $^{131}\text{I}$ , varrimento de corpo inteiro 2 dias após terapêutica para CDT: protocolo Hosp\_B**

### **5.3.3 Fase III - Procedimento terapêutico: restrições do doente após alta hospitalar**

O Hosp\_A e Hosp\_B apresentam algumas diferenças no procedimento de restrições a indicar ao doente. Passa-se a descrever o procedimento de cada serviço de Medicina Nuclear considerado na terapêutica para hipertireoidismo e CDT.

#### **5.3.3.1 Fase III nos doentes com hipertireoidismo**

- **HOSP\_A**

No dia da alta em consulta, o médico Nuclearista facultou ao doente normas de segurança e proteção contra as radiações, que deveria ter em consideração durante o período de restrições a que estaria sujeito.

Após facultada toda a informação e esclarecidas as dúvidas do doente e dos familiares/cuidadores, procedia-se à administração do radiofármaco ao doente, por via oral em formato de cápsula (Figura 43).

A administração do radiofármaco é realizada no final de todos os procedimentos, para garantir uma menor exposição ocupacional.

As indicações sugeridas ao doente pelo Hosp\_A quanto aos “Cuidados a cumprir em casa após terapêutica de hipertireoidismo com  $^{131}\text{I}$ ” (Anexo 14), foram:

Os seguintes cuidados deverão ser cumpridos em casa durante \_\_\_\_\_ dias/semanas:

- 1) Beber muitos líquidos (1,5 a 2 litros por dia).
- 2) Urinar com frequência e puxar sempre o autoclismo 2 ou 3 vezes. Os doentes do sexo masculino deverão urinar sentados. Depois de urinar lavar muito bem as mãos.
- 3) Bochechar com sumo de limão diluído em água várias vezes ao dia, sobretudo nos períodos entre as refeições. Em seguida lavar a boca com água para diminuir a acidez do limão. Em alternativa pode utilizar rebuçados, pastilhas ou comer qualquer alimento (cerca de 2 vezes entre cada refeição).
- 4) Levantar-se durante a noite 1 ou 2 vezes para urinar, bochechar com limão e beber água (durante \_\_\_\_\_ noites).
- 5) Não dormir acompanhado durante \_\_\_\_\_ noites.
- 6) Usar loiça descartável ou lavar à parte a loiça que só o doente utilizará.
- 7) Tomar banho pelo menos uma vez por dia e limpar as narinas com lenços de papel.
- 8) Se precisar de cozinhar usar luvas para manipular os alimentos.
- 9) Não contactar com grávidas ou bebés de colo.
- 10) Evitar a gravidez durante 6 meses.

A indicação do número de dias/semanas e do número de noites a seguir estes cuidados, referidas nos pontos 4 e 5, estavam condicionados ao débito de dose do doente no momento da alta hospitalar. O período de restrições indicado ao doente tinha por base as orientações expressas na Tabela 7.

Adicionalmente, era solicitado ao doente que lesse atentamente o folheto “Instruções Sobre o Comportamento dos Doentes Após Terapêutica com Iodo Radioactivo” (Anexo 15) e em caso de dúvida recomendava-se que contactasse o seu médico assistente.”

- HOSP B

No dia da alta em consulta, o médico Nuclearista informou o doente, verbalmente e em suporte papel, das normas de proteção radiológica.

As indicações sugeridas pelo Hosp\_B, “Depois de fazer a sua terapêutica”, a cumprir após terapêutica de hipertireoidismo com  $^{131}\text{I}$  (Anexo 16), foram:

“Durante \_\_\_\_ Dias **não deve**:

- Estar em contacto direto com crianças de menos de 10 anos, nem grávidas;
- Cozinhar para outras pessoas, a não ser que use máscara e luvas;
- Usar transportes públicos por mais de 2 horas;
- Ir a lugares públicos por períodos superiores a 2 horas.

**Deve:**

- Dormir num quarto sozinho ou em cama separada à distância de pelo menos 2 metros;
- Despejar o autoclismo 3 vezes, quando vai à casa de banho;
- Lavar a sua roupa separada da dos outros;

**Não pode trabalhar:**

- Durante \_\_\_\_ dias

**Atenção:**

- No caso de necessitar ir ao hospital leve sempre estas indicações.”

O número de dias indicado especificamente a cada doente, estavam condicionados ao débito de dose do doente no momento da alta hospitalar. O período de restrições indicado ao doente tinha por base as orientações expressas na Tabela 7.

### 5.3.3.2 Fase III nos doentes com CDT

- HOSP A

Nos doentes com CDT, as indicações fornecidas pelo Hosp\_A são similares às sugeridas aos doentes com hipertireoidismo (Anexo 14).

- HOSP B

Nos doentes com CDT, durante a consulta médica, o doente era “educado” a manter a distância de 2 metros em relação a terceiros.

Entregava-se ao doente um folheto com “Esclarecimentos acerca da terapêutica com iodo radioactivo” (Anexo 12) e a “Norma de alta” (Anexo 17) a serem respeitadas pelos doentes com CDT eram as seguintes:



#### **“Normas a seguir durante duas semanas:**

- 1) “Evitar qualquer contacto boca a boca (e.g. beijos).
- 2) Não partilhar objetos que contactem com a boca (e.g. escovas de dentes, talheres).
- 3) Para preparar comida para outras pessoas deve usar luvas de borracha.
- 4) Lavar as mãos frequentemente e especialmente sempre que se sirva da casa de banho.
- 5) Conservar a sanita sempre limpa (sem necessidade de recorrer a desinfetantes especiais e evitando particularmente o uso de lixívia). Puxar o autoclismo duas vezes depois de usar a sanita mesmo que seja só para urinar.
- 6) Os homens devem urinar sentados na sanita.
- 7) Usar sempre toalhas e roupas de cama separadas.
- 8) Limitar as relações sexuais e contactos íntimos a meia hora por dia (o doente deve evitar ser pai ou mãe nos 4 meses após a terapêutica).
- 9) Se tiver de ir a um hospital deve dar conhecimento do tratamento que fez e levar consigo esta folha.

#### **Outras normas:**

- 1) Dormir em cama separada a mais de 2 metros de distância de outra pessoa durante \_\_\_\_ dias.
- 2) Evitar contactos ou proximidade a menos de 2 metros de distância com crianças (até aos 10 anos) e grávidas durante \_\_\_\_ dias.
- 3) Só deve voltar ao trabalho dentro de \_\_\_\_ dias.
- 4) Deve evitar transportes públicos por períodos superiores a duas horas durante \_\_\_\_ dias.
- 5) Deve limitar a permanência em lugares públicos durante \_\_\_\_ dias.”

O número de dias de restrição estava dependente do débito de dose medido no doente. O período de restrições indicado ao doente tinha por base as orientações expressas na Tabela 7.

#### **5.3.4 Fase IV - Inquérito**

Nesta fase, questionou-se o doente e familiares/cuidadores, desde que presentes, se estavam interessados em participar no estudo. Em caso afirmativo, entregou-se o termo de consentimento informado (Anexo 18) e na eventualidade de o doente ser menor era o representante legal que autorizava a participação (Anexo 19).

A realização do inquérito por questionário ao doente (Anexo 20) e ao familiar/cuidador (Anexo 21) tinha como finalidade a caracterização individual, estado de saúde e condições habitacionais/socioeconómicas.

O questionário, de carácter anónimo e de autorresposta, está estruturado da seguinte forma:

- Cabeçalho

O cabeçalho concentra a informação do doente e/ou familiar/cuidador, no referente ao tipo de terapêutica, data de realização da mesma terapêutica, data de alta, atividade administrada e dose residual (débito de dose) à data de alta.

- 1ª Parte – Caracterização do doente ou do familiar/cuidador

Com a finalidade de caracterizar a amostra, no âmbito pessoal realizam-se 16 questões de resposta aberta e uma de resposta nominal.

Questiona-se: data de nascimento; idade; género; raça; altura; peso; naturalidade; distrito; nacionalidade; habilitações literárias; profissão; contactos (telefone, móvel e/ou e-mail); se é fumador, há quantos anos e o número de cigarros que fuma por dia.

- 2ª Parte – Caracterização da saúde do doente ou do familiar/cuidador

Para caracterizar a saúde dos participantes, colocaram-se duas questões de resposta aberta para indicarem doenças oncológicas e não oncológicas de que padeciam.

A exposição a radiações ionizantes pode causar alterações na tiroide. Colocaram-se duas questões que vão de encontro a esta temática, (i) se já tinha feito radioterapia e caso fosse afirmativo há quantos anos e o número de sessões, e (ii) se já tinha feito mamografia – caso fosse afirmativo quantas mamografias tinham realizado.

Algumas das patologias da tiroide têm uma componente hereditária. Para avaliar esta variável, colocou-se a questão (i) se já tinham outros familiares com doença da tiroide, (ii) caso fosse afirmativo, há quantos anos tinha sido, (iii) se tinham realizado terapêutica com <sup>131</sup>I e (iv) que cuidados tiveram.

- 3ª Parte – Caracterização habitacional

Com a 3ª parte pretende-se caracterizar a dimensão socioeconómica dos participantes. A informação solicitada era (i) o código postal – necessário para determinar a radiação ambiente nesse local – (ii) há quantos anos morava nesse endereço e se morou noutro, (iii) o número de pessoas no agregado familiar, (iv) quais as características habitacionais (número de cozinhas, número de quartos de dormir, número de quartos de banho e o número de salas), (v) o rendimento familiar (resposta

em escala ordinal), (vi) qual o meio de transporte que o doente iria utilizar para se deslocar para casa no dia da alta hospitalar e (vii) tempo de deslocação previsível para chegar a casa.

O questionário do familiar/cuidador tinha questões adicionais, nomeadamente (i) saber se este familiar/cuidador acompanhou o doente durante a deslocação e em caso afirmativo (ii) qual o seu posicionamento em relação ao doente e (iii) se iria coabitar com o ele.

O questionário, após o seu preenchimento era enviado à investigadora via CTT, juntamente com os dosímetros.

### **5.3.5 Fase V - Método de monitorização da exposição externa a $^{131}\text{I}$ do familiar/cuidador**

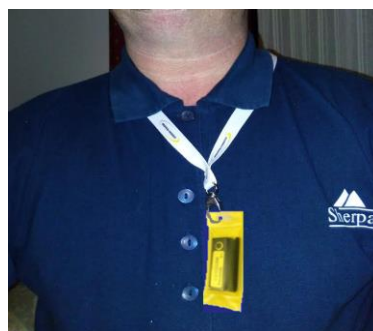
Após alta do serviço de Medicina Nuclear os doentes mantiveram um período de resguardo domiciliário com regras de comportamento que contemplam medidas de proteção contra as radiações para os familiares/cuidadores e público.

A monitorização da exposição externa do familiar/cuidador foi realizada com dosímetros TLD.

Os dosímetros foram entregues ao familiar/cuidador que acompanhava o doente, no momento da alta. Durante o período de deslocação para casa, o acompanhante já tinha o seu dosímetro colocado tendo-lhe sido dadas indicações para que os dosímetros dos outros familiares/cuidadores, durante a deslocação, fossem colocados o mais afastado possível do doente.

O dosímetro era colocado a nível do tronco, sobre o peito e suspenso numa fita que era colocada ao pescoço (Figura 50). A colocação do dosímetro seguiu as indicações expressas no Anexo II do Decreto-Lei n.º 167/2002 (Decreto-Lei n.º 167/2002, 2002).

As indicações transmitidas ao doente e familiar/cuidador acerca dos procedimentos a considerar durante os 21 dias (corresponde aproximadamente a 3 semividas do  $^{131}\text{I}$ ) de monitorização foram:



**Figura 50. Familiar/cuidador com o dosímetro devidamente colocado**

- O familiar/cuidador deveria colocar sempre o dosímetro, desde que estivesse próximo do doente;
- Na ausência do doente, o familiar/cuidador podia tirar o dosímetro e colocá-lo num local onde a proximidade do doente ao dosímetro fosse nula;
- Terminada a restrição do doente e cônjuge terem de dormir separados, nos dias seguintes o dosímetro seria colocado entre as almofadas, para garantir a monitorização durante o período noturno.

Ao doente e familiares/cuidadores, foram dadas indicações (verbalmente e em suporte papel - panfleto) de como utilizar o dosímetro, bem como uma folha de registo de ocorrências, onde poderiam registar comportamentos ou procedimentos não conformes com as indicações fornecidas (Anexo 22).

No panfleto (Anexo 22) constava:

- I. Procedimento de utilização do dosímetro
  - O dosímetro é um equipamento passivo que não provoca qualquer reação. A sua função é medir a dose de radiação;
  - É de uso individual;
  - Quem utiliza o dosímetro é o(s) acompanhante(s) e/ou familiar(es);
  - O dosímetro deve ser colocado no tórax junto do coração;
  - Não pode ser molhado.
- II. Procedimento para o registo de ocorrências
  - Todos os familiares e/ou acompanhantes que habitem com o doente, depois de ter realizado o tratamento com  $^{131}\text{I}$ , têm uma folha de registo;
  - Sempre que tenha ocorrido e/ou feito alguma manipulação diferente do que foi recomendado no hospital, deve escrever no Quadro 1;
  - Todos os registos são importantes para o estudo.

Para a devolução dos dosímetros, era entregue ao familiar/cuidador um envelope almofadado com portes pagos e já devidamente identificado, com o endereço do remetente e do destinatário. O envelope seguia para a investigadora via correios CTT.

Recebidos os dosímetros, eram entregues com o máximo de brevidade à empresa que procedia à sua leitura.

### 5.3.5.1 Dosimetria por TLD

No processo de avaliar a dose efetiva do familiar/cuidador utilizaram-se dosímetros TLD individuais da marca Panasonic, modelo UD-802A (Figura 51).

O dosímetro está no interior de uma bolsa plástica selada, suspensa por uma mola que favorece a sua fixação.

Este dosímetro permite não só a leitura do equivalente de dose individual ( $H_p$ ), como também estimar a gama de energia recebida pelo familiar/cuidador exposto (Medical Consult, 2016). Também possibilita a quantificação de radiação X e radiação  $\gamma$ , num intervalo de exposição de 10 mR a 1000 R (Panasonic, 2018).



**Figura 51. Dosímetro da Panasonic modelo UD-802A**

Fonte: (Medical Consult, 2016).

O dosímetro Panasonic modelo UD-802A pesa aproximadamente 5 g, com dimensões de 49x23x6 mm e é constituído por 4 Elementos (E1, E2, E3 e E4) (Figura 52). Cada Elemento tem características específicas e distintas finalidades, que resultam a combinação criteriosa dos três tipos de materiais: materiais de estrutura, materiais de blindagem e fosforescentes (Figura 53 e Figura 54) (Panasonic, 2018). As características específicas de cada um dos Elementos estão descritas na Tabela 18.

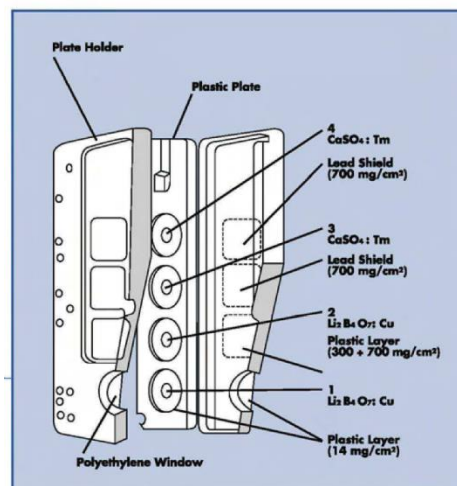
Verifica-se (cf. Figura 53 e Tabela 18) que o dosímetro tem:

- dois tipos de filtros, de plástico e de chumbo, com diferentes espessuras, o que permitirá inferir a energia com que o dosímetro foi irradiado;
- dois sensores o tetraborato de lítio dopado com cobre ( ${}^7\text{Li}_2{}^{11}\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ ) e sulfato de cálcio dopado com túlio ( $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ ).
  - O composto fosforescente enriquecido por  ${}^7\text{Li}$  e  ${}^{11}\text{B}$  ( ${}^7\text{Li}_2{}^{11}\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ ), praticamente não tem sensibilidade a neutrões, mas responde aos raios  $\gamma$ , X e  $\beta$ ;
  - O composto fosforescente  $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$  também não tem sensibilidade a neutrões e não regista o equivalente de dose individual nos tecidos moles. No entanto o Elemento 4 (E4) tem um filtro de chumbo, o que lhe permite medir as baixas doses de raios  $\gamma$  e X.



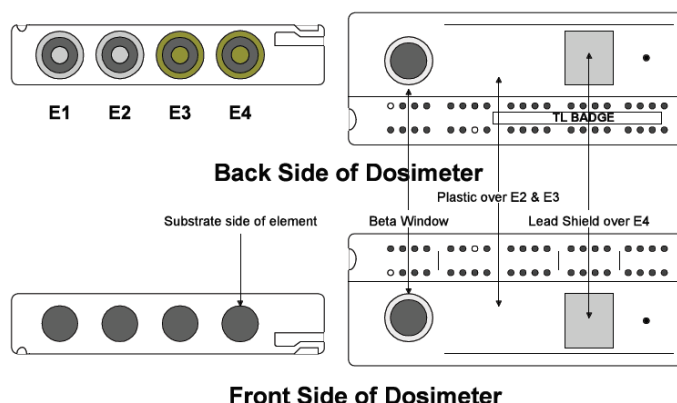
**Figura 52. Interior do dosímetro da Panasonic modelo UD-802A**

Fonte: (Medical Consult, 2016).



**Figura 53. Elementos constituintes do dosímetro da Panasonic modelo UD-802A**

Fonte: (Panasonic, 2018).



**Figura 54. Constituintes do dosímetro da Panasonic modelo UD-802A – vista anterior e posterior dos elementos (E1, E2, E3 e E4)**

Fonte: Panasonic (2018).

Nas leituras correspondentes ao equivalente de dose individual ( $H_p$ ), consideraram-se as correções individuais em cada sensor, obtida pela calibração inicial e as incertezas de leitura resultante deste processo (Medical Consult, 2016).

As leituras dosimétricas registradas foram corrigidas com a radiação de fundo ambiente existente no local de residência do doente durante o período de monitorização. As correções de radiação de fundo ambiente aplicadas foram as referenciadas no relatório de “Programas de Monitorização Radiológica Ambiental” (Ano 2009) (Madruga *et al.*, 2010).

**Tabela 18. Características dos 4 Elementos do dosímetro Panasonic, modelo UD802A**

<b>Modelo UD-802A</b>	<b>Elemento 1 (E1)</b>	<b>Elemento 2 (E2)</b>	<b>Elemento 3 (E3)</b>	<b>Elemento 4 (E4)</b>
<b>Objetivo</b>	Dose na pele	10 keV ~ 10 MeV	25 keV ~ 10 MeV	25 keV ~ 10 MeV
<b>Material TLD</b>	Li <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> :Cu	Li <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> :Cu	CaSO <sub>4</sub> :Tm	CaSO <sub>4</sub> :Tm
<b>Material de blindagem</b>	Janela fina	Plástico	Plástico	Chumbo + Plástico
<b>Filtro da frente</b>	Plástico – 14 mg.cm <sup>-2</sup>	Plástico – 160 mg.cm <sup>-2</sup>	Plástico – 160 mg.cm <sup>-2</sup>	Chumbo – 0,7 mm
<b>Filtro de trás</b>	Plástico – 14 mg.cm <sup>-2</sup>	Plástico – 160 mg.cm <sup>-2</sup>	Plástico – 160 mg.cm <sup>-2</sup>	Chumbo – 0,7 mm
<b>Intervalo de medida</b>	10 mRem ~ 1000 Rem	10 mR ~ 1000 R	1 mR ~ 50 R	1 mR ~ 50 R
	100 µSv ~ 10 Sv	100 µSv ~ 10 Sv	10 µSv ~ 500 mSv	10 µSv ~ 500 mSv

Fonte: Adaptado de Panasonic ( 2018).

### **5.3.6 Fase VI - Método de avaliação da exposição interna a <sup>131</sup>I do familiar/cuidador**

A monitorização da exposição interna, decorrente da incorporação (por inalação) de <sup>131</sup>I foi efetuada apenas no familiar/cuidador dos doentes que realizam terapêutica com <sup>131</sup>I para CDT.

A finalidade é verificar por espectrometria gama se existe exposição interna decorrente da incorporação de <sup>131</sup>I do familiar/cuidador.

A excreção urinária é uma das vias de eliminação pelo organismo do <sup>131</sup>I incorporado.

Para realizar a colheita de urina entregou-se, no momento da alta hospitalar, as normas de orientação para recolha da amostra de urina (Anexo 23) e um frasco de vidro para cada um dos familiares/cuidadores participantes no estudo.

Aproximadamente 70 horas após alta hospitalar do doente (Tabela 19), o familiar/cuidador procedeu à colheita da primeira urina da manhã. Optou-se pela primeira urina da manhã por ser uma urina mais concentrada.

**Tabela 19. Calendarização da colheita da amostra de urina pelo familiar/cuidador**

Alta hospitalar do doente (dia da semana)	Recolher amostra da primeira urina da manhã do familiar/cuidador (dia da semana)
4ª Feira	Sábado
6ª Feira	2ª Feira
Sábado	3ª Feira

As amostras de urina foram recolhidas pela investigadora, no respetivo domicílio do doente.

Para garantir que não existia contaminação com  $^{131}\text{I}$  do frasco de propileno, as amostras de urina eram coletadas em frascos de vidro. Posteriormente, a amostra de urina foi transferida para um frasco de polipropileno (Figura 55) com as características materiais e geométricas adequadas ao detetor utilizado no ensaio por espectrometria gama.

Procedeu-se à entrega da amostra de urina, no Laboratório de Espectrometria Gama do Campus Tecnológico Nuclear/Instituto Superior Técnico (CTN/IST), com a maior brevidade possível.



**Figura 55. Frasco de polipropileno vazio (esq.) e com amostra de urina (dta.)**

#### **5.3.6.1 Espectrometria Gama na quantificação de $^{131}\text{I}$ na urina**

A técnica utilizada para determinar a presença de  $^{131}\text{I}$  na urina foi espectrometria gama com detetores de germânio hiperpuro (HPGe) (Santos, Silva e Reis, 2011).



A espectrometria gama é uma técnica analítica nuclear que permite quantificar a atividade dos radionuclídeos emissores  $\gamma$  presentes numa amostra, no intervalo de energias 46,5 - 1836 keV. Através da análise do espectro de radiação  $\gamma$  gerado pela interação da radiação com um detetor (Santos, Silva e Reis, 2011), cujo volume sensível é constituído, neste caso, por um cristal de germânio, identificou-se na amostra de urina um pico de energia de 364 keV, característico do  $^{131}\text{I}$ .

A atividade (A), de uma amostra, para um radionuclídeo que emite fótons de energia E determina-se através da equação Eq. 15, onde (Santos, Silva e Reis, 2011):

$$A(\text{radionuclídeo})(Bq) = \frac{S(E) - I(E)}{\varepsilon(E) \times p_{\gamma} \times t \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5} \quad \text{Eq. 15}$$

- $S(E)$  = n.º líquido de contagens do fotópico centrado na energia E;
- $I(E)$  = n.º líquido de contagens no espectro de fundo na gama de energias do fotópico, corrigido para o tempo de contagem;
- $\varepsilon(E)$  = eficiência de deteção para a energia E;
- $p_{\gamma}$  = probabilidade de emissão desses fótons por cada decaimento do radionuclídeo;
- $t$  = tempo de aquisição do espectro, em segundos;
- $k_1$  = fator de correção para o decaimento dos radionuclídeos presentes na amostra, desde a data de referência até à data de análise;
- $k_2$  = fator de correção para o decaimento dos radionuclídeos presentes na amostra, durante a aquisição do espectro;
- $k_3$  = fator de correção para o efeito de matriz;
- $k_4$  = fator de correção para a soma em coincidência;
- $k_5$  = fator de correção para diferenças de geometria.

A atividade específica ( $A_e$ ) determina-se segundo a equação Eq. 16:

$$A_e(\text{radionuclídeo})(Bq) = \frac{A}{Q} \quad \text{Eq. 16}$$

onde: Q = quantidade da amostra em unidades de massa ou volume.

Outras variáveis de interesse foram determinadas, como a Atividade Mínima Detetável (AMD) (Santos, Silva e Reis, 2011).

A AMD aparente ( $AMD_{ap}$ ) é calculada para cada fotópico de cada radionuclídeo presente na biblioteca usada na identificação dos radionuclídeos. A AMD, em cada fotópico, é dada pela equação (Eq. 17):

$$AMD_{ap}(\text{radionuclídeo}_{\text{fotópico}_i}) = \frac{k^2 + 2 \times k \sqrt{\mu_{B_i} + \mu_{I_i} + \sigma_{B_i}^2 + \sigma_{I_i}^2}}{\varepsilon_i \times p_{Y_i} \times t \times k_1 \times k_2} \quad \text{Eq. 17}$$

em que (Santos, Silva e Reis, 2011):

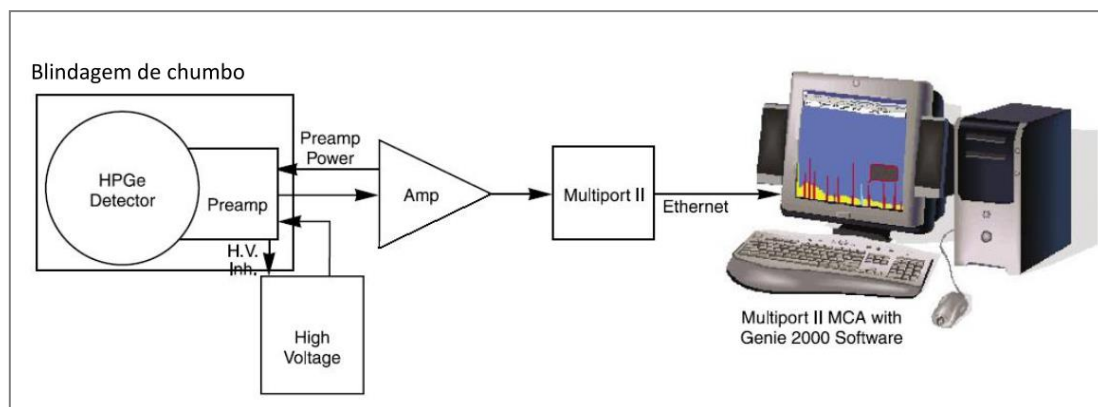
- $k$  é a abscissa da distribuição normal, correspondente a um determinado grau de confiança (para um grau de confiança de 95 %,  $k = 1,645$ );
- $\mu_B$  é o contínuo calculado debaixo do fotópico;
- $\mu_I$  é a área do fotópico de fundo, caso exista para a energia em consideração;
- $\sigma_B$  é a incerteza-padrão do contínuo calculado debaixo do fotópico;
- $\sigma_I$  é a incerteza-padrão da área do fotópico de fundo.

O sistema de detecção em espectrometria gama com detetores HPGe inclui os seguintes equipamentos (Figura 56):

- Detetor HPGe (um cristal de germânio hiperpuro) com criostato associado (para arrefecimento do detetor), ligado a um pré-amplificador (módulo de interface entre o detetor e o amplificador de sinal),
- Amplificador de Sinal,
- Conversor Analógico-Digital e Analisador Multicanal,
- Fonte de Alta Tensão (HV, do inglês High Voltage),
- Dewar para azoto líquido,
- Sistema de blindagem de chumbo para reduzir o efeito do fundo radioativo ambiental,
- Software para aquisição e tratamento de dados.

A fonte de alta tensão e o amplificador de sinal são equipamentos do tipo de módulo de interface de rede. O conversor analógico-digital e o analisador multicanal estão combinados num *multiport*, que também é um equipamento do tipo de módulo de interface de rede. Todos estes equipamentos funcionam ligados a uma *rack* de alimentação compatível com os requisitos de corrente e de tensão dos equipamentos (Santos, Silva e Reis, 2011). A Figura 56 mostra o esquema típico de uma cadeia de medida.

A Figura 60 mostra a câmara e sistema de leitura de amostras existente no Campus Tecnológico Nuclear/Instituto Superior Técnico.



**Figura 56. Esquema da cadeia de medida**

Fonte: Santos et al. (2011)

### Colocação da amostra no detetor

A amostra a analisar foi colocada no detetor, encaixando num suporte adequado ao frasco de polipropileno (Figura 55).

Para cada detetor, existe um conjunto de suportes em *perspex* (Figura 57) para assegurar que o posicionamento das amostras no detetor é reproduzível (Santos e Silva, 2014).

Depois de colocar a amostra no detetor (Figura 58), fechou-se a porta da blindagem (Figura 59). Durante a aquisição não é permitido abrir a referida porta e caso isso aconteça é necessário recomeçar a aquisição desde o início (Santos e Silva, 2014).

A determinação da radiação de fundo natural foi essencial para a realização dos ensaios, visto que alguns dos fotópicos observados nos espectros das amostras analisadas são provenientes do fundo e não da própria amostra.

A radiação de fundo natural é tida em conta durante o ensaio através da subtração da quantidade  $I(E)$  na equação Eq. 15 (Santos e Silva, 2014). O  $^{131}\text{I}$  não sendo um isótopo natural, com um fotópico de 364 keV, nas medidas de radiação de fundo nunca foi detetado.



**Figura 57. Suporte em perspex**



**Figura 58. Frasco com amostra de urina colocada no detetor**



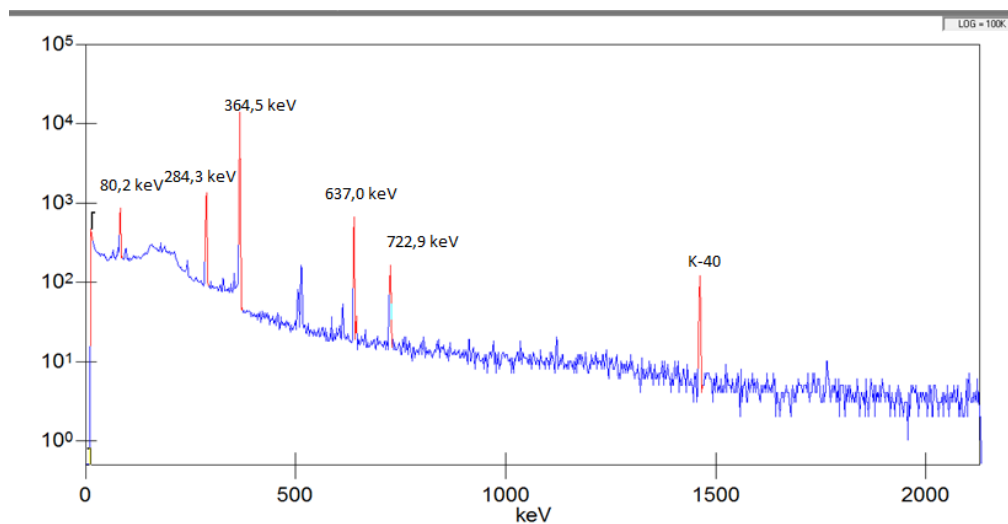
**Figura 59. Frasco com amostra de urina no interior da câmara de leitura**



**Figura 60. Câmara e sistema de leitura da amostra**

Os espectros de contagens (Figura 61) são visualizados e analisados usando o *software* Genie2k, que controla o analisador multicanal. Este *software* também é utilizado para análise dos dados e ainda durante os procedimentos de calibração em energia, eficiência e de controlo da qualidade. Para correções de efeito de matriz, de soma em coincidências e de diferenças de geometria utilizou-se o *software* Gespecor (Santos e Silva, 2014).

Cada amostra de urina foi lida durante 15 h. A Figura 61 é um espectro de leitura de uma amostra, onde se identifica um pico de 364 keV.



**Figura 61. Espectro gama da leitura de uma amostra de urina de um familiar/cuidador, onde se identifica um pico de 364 keV**

#### 5.3.6.1 Modelo Biocinético na análise de $^{131}\text{I}$ incorporado

A publicação da ICRP 78 permite estimar a dose de exposição em casos de exposição ocupacional (ICRP, 1997, 1999, 2002).

Com o objetivo de calcular a atividade incorporada pelos familiares/cuidadores, com base nas concentrações de  $^{131}\text{I}$  presentes na urina, recorreu-se ao modelo biocinético para o  $^{131}\text{I}$  da publicação da ICRP 78 representado na Figura 15. O método de cálculo aplicado é o recomendado para a exposição ocupacional e pressupondo uma exposição crónica, a sua aplicação neste estudo justifica-se pela monitorização corresponder a um período de exposição de aproximadamente 70 horas.

No cálculo da Dose Efetiva Comprometida (E) na tiroide dos familiares/cuidadores foram aplicadas as Eq. 5 ( $\text{Intake} = \frac{M}{m(t)}(t)$ ) e Eq. 6 ( $E = \text{Intake} \times e(g)$ ).

Os parâmetros considerados foram:

- AMAD = 5mm (valor por defeito na exposição ocupacional (ICRP, 1997, 1999, 2002)).
- Na exalação do indivíduo considerou-se “trabalho leve”
- Partículas do *Type F*

A forma de cálculo da Dose Efetiva Comprometida (E) apresenta-se com o exemplo prático aplicado a um dos familiares/cuidadores. A Tabela 20 expõe os parâmetros aplicados no cálculo da Dose Efetiva Comprometida (E) na tiroide de um familiar/cuidador. O coeficiente de dose ( $e(g)$ ) considerado para o  $^{131}\text{I}$  obteve-se a

partir dos valores tabelados na publicação da ICRP 78 (Figura 62), neste familiar/cuidador  $t = 5$  dias, daí que o valor tabelado do  $m(t)$  na publicação da ICRP 78 (Figura 63), para  $t = 5$  dias neste familiar/cuidador.

A Dose Efetiva Comprometida (E) na tiroide neste familiar/cuidador foi de 0,79 mSv (Tabela 20).

**Tabela 20. Cálculo da Dose Efetiva Comprometida (E) na tiroide de um familiar/cuidador – exemplo de cálculo**

Volume da amostra de urina (L)	$A_e$ (Bq.L <sup>-1</sup> )	Ur (Bq.L <sup>-1</sup> )	$A_0$ (Bq)	A (Bq)	Intake (Bq)	m(t) (dias)	e(g) (Sv.Bq <sup>-1</sup> )	E (mSv)
0,1710	48,50	3,90 (8%)	8,29	6,399	71902,4	8,9 E <sup>-05</sup>	1,1 E <sup>-08</sup>	0,79

A = Atividade medida (Bq);  $A_0$  = Atividade inicial medida (Bq);  $A_e$  = Atividade específica na urina (Bq.L<sup>-1</sup>); E = Dose Efetiva Comprometida (Sv); e(g) = Coeficiente de dose (Sv.Bq<sup>-1</sup>); M = Quantidade medida (Bq);  $m(t)$  = quantidade medida no tempo (dias) (Bq.Bq<sub>Intake</sub><sup>-1</sup>); Ur = Incerteza expandida relativa da atividade específica.

Nuclide	$t_{1/2}$	Type	Class	Inhalation		Ingestion	
				$f_i$	$e(50), Sv Bq^{-1}$	$f_i$	$e(50), Sv Bq^{-1}$
I-125	60.1 d	F	—	1.0	7.3E-09	1.0	1.5E-08
		F	SR-1 <sup>a</sup>	1.0	1.4E-08		
I-129	1.57E+07 y	F	—	1.0	5.1E-08	1.0	1.1E-07
		F	SR-1	1.0	9.6E-08		
I-131	8.04 d	F	—	1.0	1.1E-08	1.0	2.2E-08
		F	SR-1	1.0	2.0E-08		

<sup>a</sup>The model for iodine vapour is described in Publication 68 (ICRP, 1994)

**Figura 62. Coeficiente de dose do <sup>131</sup>I por inalação**

Fonte: ICRP (1997, 1999, 2002).

Time after intake (d)	Type F		Vapour	
	Thyroid	Daily urinary excretion	Thyroid	Daily urinary excretion
1	1.2E-01	2.8E-01	2.3E-01	5.3E-01
2	1.2E-01	2.3E-02	2.2E-01	4.3E-02
3	1.1E-01	1.4E-03	2.0E-01	2.5E-03
4	9.9E-02	1.5E-04	1.9E-01	2.7E-04
5	9.0E-02	8.9E-05	1.7E-01	1.7E-04
6	8.2E-02	9.6E-05	1.5E-01	1.8E-04
7	7.4E-02	1.0E-04	1.4E-01	1.9E-04
8	6.8E-02	1.1E-04	1.3E-01	2.0E-04
9	6.2E-02	1.1E-04	1.2E-01	2.1E-04
10	5.6E-02	1.1E-04	1.1E-01	2.1E-04

**Figura 63. Monitorização: valores previstos por inalação de <sup>131</sup>I (Bq por Bq incorporado)**

Fonte: ICRP (1997, 1999, 2002).

## 5.4 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

O presente estudo foi submetido previamente à Comissão Nacional de Proteção de Dados (CNPd) com o processo n.º 9183/2011, o qual obteve autorização com o n.º 11222/2011 (Anexo 24). Também foi submetido à Direção-Geral da Saúde (Anexo 25) e ao Centro de Investigação e Ética das unidades hospitalares onde decorreu o estudo, tendo sido exarados por estas entidades pareceres positivos que deram destaque à relevância da investigação

No desenrolar do presente estudo foram tidas em consideração questões éticas tais como os princípios de confidencialidade, proteção de dados e consentimento informado.

Para respeitar o princípio da participação voluntária, o médico Nuclearista informou os doentes e familiares/cuidadores que se estava a desenvolver um estudo com a finalidade de avaliar a exposição dos familiares/cuidadores a radiações tendo-lhes perguntado se tinham interesse em participar. Caso a resposta fosse positiva, a investigadora intervinha junto dos doentes e familiares/cuidadores, descrevendo o estudo e solicitando o consentimento informado à participação (Anexo 18). Na eventualidade da existência de menores, o consentimento informado era solicitado aos seus representantes legais (Anexo 19).

Tal como anteriormente referido, as duas instituições de saúde foram designadas por “Hosp\_A” e “Hosp\_B”, identificação atribuída aleatoriamente para garantir o anonimato dos dados. Adicionalmente, para garantir o anonimato, os documentos em anexo de ambas as unidades hospitalares foram processados para ocultar a sua identificação.

Aos dados foi atribuída uma identificação nominativa dos titulares e um código de participação no estudo que apenas são conhecidos pela investigadora.

## 5.5 DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS

Variáveis são “qualidades, propriedades ou características de objetos, de pessoas ou de situações que são estudadas numa investigação” (Fortin, Côté e Fillion, 2009).

De seguida, procede-se à descrição e fundamentação que originou a categorização de algumas variáveis.

No respeitante à variável Índice de Massa Corporal (IMC), determinou-se o IMC e categorizou-se em função da faixa etária (Tabela 21), segundo as orientações da OMS

(Lahfi e Anjak, 2015; WHO, 2015) e da Associação Portuguesa de Dietistas (APD, 2016). O IMC permite relacionar a massa corporal com a altura de um indivíduo e calcula-se de acordo com a Eq. 18:

$$IMC = \frac{Peso(Kg)}{[Altura(m) \times Altura(m)]} \quad \text{Eq. 18}$$

**Tabela 21. Classificação dos IMC ajustados à faixa etária**

Classificação de crianças (>2 ≤ 20 anos)		Classificação adulta (>20 ≤ 65 anos)		Classificação de idosos (>65 anos)	
	Percentil		IMC (kg.m <sup>-2</sup> )		IMC (kg.m <sup>-2</sup> )
<b>Baixo peso</b>	< 10	<b>Baixo peso</b>	< 18,5	<b>Desnutrição</b>	< 22
<b>Eutrofia</b>	15 - 85	<b>Eutrofia</b>	18,5 - 24,9	<b>Risco de desnutrição</b>	22 - 23,9
<b>Excesso de peso</b>	85 - 95	<b>Pré-obesidade</b>	25 - 29,9	<b>Eutrofia</b>	24 - 26,9
<b>Obesidade</b>	> 97	<b>Obesidade, grau I</b>	30 - 34,9	<b>Pré-obesidade</b>	♂ 27 - 30 ♀ 27 - 32
		<b>Obesidade, grau II</b>	35 - 39,9	<b>Obesidade</b>	♂ > 30 ♀ > 32
		<b>Obesidade mórbida</b>	≥ 40		

Fonte: Adaptado de Associação Portuguesa de Dietistas (n.d.), Lahfi & Anjak (2015) e WHO (2015).

Para se determinar a alteração relativa do débito de dose efetiva de um doente com IMC com excesso de peso ou obeso, em relação a um doente com IMC eutrofia, considerou-se como referencial “normal” o IMC dos doentes com eutrofia. Calculou-se a diferença entre os valores médios do débito de dose efetiva e IMC, nos doentes com excesso de peso e com obesidade, em relação aos doentes com eutrofia, para calcular a alteração relativa destes doentes.

Categorizou-se a variável **idade** dos doentes para favorecer a análise de dados. Com a variável “Idade grupo 10”, pretende-se estudar a amostra com base nas classes de radiosensibilidade segundo os relatórios “Proteção contra as radiações 97” (Comissão Europeia, 1999) e ICRP 94 (ICRP, 2004) (Tabela 6). Já a variável “Idade grupo 18” favorece a análise dos dados com base nos cuidados pediátricos, que segundo o Despacho n.º 9871/2010 estabelece que em todo o Sistema Nacional de Saúde são considerados pediátricos os utentes com idade até aos 18 anos de idade (Despacho n.º 9871/2010, 2010).

Na categorização da **escolaridade obrigatória**, respeitou-se a Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei n.º 46/86, de 14 de Outubro e 49/2005, de 30 de Agosto). Segundo o Decreto-Lei n.º 46/1986 (1986) o ensino básico é universal, obrigatório e



gratuito e compreende três ciclos sequenciais. O 1.º ciclo com a duração de quatro anos, o 2.º ciclo e 3.º ciclo com a duração de dois e três anos, respetivamente. O ensino secundário é obrigatório e compreende um ciclo de três anos (10.º, 11.º e 12.º anos de escolaridade).

Considerando as **habilitações literárias** dos doentes e dos familiares/cuidadores, a variável foi ordenada em 6 categorias: Iletrados, 1.º ciclo, 2.º ciclo, 3.º ciclo, Secundário e Licenciatura. Já quanto à escolaridade obrigatória a sua categorização fundamentou-se no Decreto-Lei n.º 85/2009, em que foi instaurada a obrigatoriedade de frequência até à conclusão de formação de nível secundário ou até aos 18 anos de idade (Decreto-Lei n.º 85/2009, 2009). Assim no respeitante à escolaridade consideraram-se três categorias: os iletrados (os que nunca frequentaram o ensino obrigatório), o ensino obrigatório e ensino superior (a qual agrega toda a formação superior, e.g. licenciados, mestres, doutorados, entre outros).

A **profissão** é outras das variáveis analisadas e na sua categorização aplicou-se a “Classificação Portuguesa das Profissões - 2010” (INE, 2011), que é o conjunto de todas as profissões existentes em Portugal e a sua respetiva descrição funcional, apresentando-se agregada por grupos profissionais. A categorização realizou-se apenas ao nível do grande grupo da Classificação Portuguesa das Profissões - 2010 (Tabela 22).

**Tabela 22. Grande grupo da Classificação Portuguesa das Profissões – 2010**

Grande Grupo	
<b>0</b>	Profissões das Forças Armadas.
<b>1</b>	Representantes do poder legislativo e de órgãos executivos, dirigentes, diretores e gestores executivos.
<b>2</b>	Especialistas das atividades intelectuais e científicas.
<b>3</b>	Técnicos e profissões de nível intermédio.
<b>4</b>	Pessoal administrativo.
<b>5</b>	Trabalhadores dos serviços pessoais, de proteção e segurança e vendedores.
<b>6</b>	Agricultores e trabalhadores qualificados da agricultura, da pesca e da floresta.
<b>7</b>	Trabalhadores qualificados da indústria, construção e artífices.
<b>8</b>	Operadores de instalações e máquinas e trabalhadores da montagem.
<b>9</b>	Trabalhadores não qualificados.

Fonte: INE (2011).

Com o objetivo de saber se os doentes padeciam de outras enfermidades, para além da doença que os levou à realização da terapêutica com  $^{131}\text{I}$ , o questionário tinha duas questões de resposta aberta. As respostas foram codificadas com base nas Grandes Categorias Diagnósticas descritas na Tabela 23.

A variável **complexidade dos doentes** categorizou-se com base nos Grupos de Diagnósticos Homogêneos. Os GDH, segundo a Administração Central do Sistema Saúde - ACSS (2011):

“constituem um sistema de classificação de doentes internados em hospitais de agudos que agrupa doentes em grupos clinicamente coerentes e similares do ponto de vista do consumo de recursos. Permite definir operacionalmente os produtos de um hospital, que mais não são que o conjunto de bens e serviços que cada doente recebe em função das suas necessidades e da patologia que o levou ao internamento e como parte do processo de tratamento definido” (Portugal. MS. ACSS, 2011).

No agrupador de GDH atualmente em vigor em Portugal, no AP-DRG versão 21.0, existem 25 Grande Categoria de Diagnóstico (Tabela 23).

Segundo a DGS (2016), em 2014 mais de 70% das mortes em Portugal foram devidas a doenças do aparelho circulatório (31%), tumores malignos (25%), doenças do aparelho respiratório (12%) e doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas (5%). A DGS em 2016 apresentou os “Programas Nacionais de Saúde Prioritária”, direcionados às doenças com maior taxa de incidência e mortalidade em Portugal (Portugal. MS. DGS, 2016)

A categorização do **rendimento familiar** teve por base o Decreto-Lei n.º 144/2014, de 30 de setembro, que fixou em 505€ o valor da Retribuição Mínima Mensal Garantida, a entrar em vigor em 1 de janeiro de 2015 (Decreto-Lei n.º 144/2009, 2009). À data da recolha dos dados o ordenado mínimo em vigor era de 505€.

A variável **atividade administrada** foi categorizada em duas escalas diferentes, sendo que uma das quais permite a análise de dados com base no limite de atividade administrada que regula a realização de terapêutica de ambulatório (<740 MBq) ou internamento ( $\geq 740$  MBq).

Quando analisado o  $H_p(d)$  consideraram-se os valores de  $d = 0,07$  e  $d = 10$ . Quantificou-se o  $H_p(d)$  máximo e efetivo.

O valor do  $H_p(10)_{\text{max}}$  representa o valor do equivalente de dose individual máxima, à profundidade de 10 mm, a que o familiar/cuidador poderia estar exposto, assumindo

o máximo da incerteza associada a  $H_p(10)$ . O  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  assume-se como sendo a equivalente de dose individual efetiva a que esteve exposto.

**Tabela 23. Grande Categoria de Diagnóstico (GCD), versão 21.0**

GCD	Descrição
<b>GCD 1</b>	Doenças e perturbações do sistema nervoso.
<b>GCD 2</b>	Doenças e perturbações do olho.
<b>GCD 3</b>	Doenças e perturbações do ouvido, nariz, boca e garganta.
<b>GCD 4</b>	Doenças e perturbações do aparelho respiratório.
<b>GCD 5</b>	Doenças e perturbações do aparelho circulatório.
<b>GCD 6</b>	Doenças e perturbações do aparelho digestivo.
<b>GCD 7</b>	Doenças e perturbações do sistema hepatobiliar e pâncreas.
<b>GCD 8</b>	Doenças e perturbações do sistema músculo-esquelético e tecido conjuntivo.
<b>GCD 9</b>	Doenças e perturbações da pele, tecido celular subcutâneo e mama.
<b>GCD 10</b>	Doenças e perturbações endócrinas nutricionais e metabólicas.
<b>GCD 11</b>	Doenças e perturbações do rim e do aparelho urinário.
<b>GCD 12</b>	Doenças e perturbações do aparelho genital masculino.
<b>GCD 13</b>	Doenças e perturbações do aparelho genital feminino.
<b>GCD 14</b>	Gravidez, parto e puerpério.
<b>GCD 15</b>	Recém-nascidos e lactentes com afeções do período perinatal.
<b>GCD 16</b>	Doenças e perturbações do sangue/órgãos hematopoiéticos e doenças imunológicas.
<b>GCD 17</b>	Doenças e perturbações mieloproliferativas e mal-diferenciadas.
<b>GCD 18</b>	Doenças infecciosas e parasitárias (sistémicas ou de localização não específica).
<b>GCD 19</b>	Doenças e perturbações mentais.
<b>GCD 20</b>	Uso de álcool/droga e perturbações mentais orgânicas induzidas por álcool ou droga.
<b>GCD 21</b>	Doença traumatismos, intoxicações e efeitos tóxicos de drogas.
<b>GCD 22</b>	Queimaduras.
<b>GCD 23</b>	Fatores com influência no estado de saúde e outros contactos com os serviços de saúde.
<b>GCD 24</b>	Infeções pelo vírus da imunodeficiência humana.
<b>GCD 25</b>	Traumatismos múltiplos significativos.

Fonte: Adaptado de ACSS (2011).

## 5.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Perante o tipo de estudo, amostragem, natureza das variáveis e os objetivos, procedeu-se à análise estatística com base nos princípios teóricos de análise descritiva e inferencial. As variáveis a operacionalizar definem-se no Anexo 26.

Na análise descritiva das variáveis contínuas calculou-se o número de observações (n), medidas de tendência central (média e mediana) e medidas de dispersão (desvio-padrão, máximo e mínimo). Para as variáveis categóricas criaram-se tabelas de frequência absolutas (n), relativas (%) e análise gráfica.

Algumas das variáveis estudadas têm distribuição normal; para amostras de grandes dimensões ( $n > 30$ ) (Maroco, 2010), aplicou-se teste paramétrico.

As duas amostras analisadas – doentes e familiares/cuidadores – são de grandes dimensões e algumas das variáveis estudadas têm distribuição normal, o que permitiria a aplicação de testes paramétricos. No entanto em algumas variáveis, a representatividade dos grupos em cada uma das amostras revelou-se pequena. Com base nesta premissa optou-se por aplicar testes não paramétricos para amostras independentes, na análise de algumas variáveis.

Para testar a normalidade das variáveis recorreu-se ao teste de Kolmogorov-Smirnov.

O teste não paramétrico Mann-Whitney foi aplicado na comparação de variáveis contínuas e nominais. O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foi aplicado na comparação de variáveis contínuas e categóricas.

Na medida da relação entre variáveis contínuas usou-se o coeficiente de correlação de Pearson ou o coeficiente de correlação de Spearman, caso fossem variáveis com distribuição normal ou não normal, respetivamente (Afonso e Nunes, 2011; Maroco, 2010).

A força de correlação de Pearson na associação causal entre variáveis, apresentada na Figura 64 (Afonso e Nunes, 2011), foi a aplicada na presente tese. Por analogia também foram aplicados os mesmos valores no coeficiente de correlação de Spearman.

Na análise estatística definiu-se um intervalo de confiança de 95%.

As ferramentas utilizadas na análise estatística foram o *software IBM SPSS Statistics* versão 22 e o *Microsoft Excell* 2010.

<b>Coefficiente correlação de Pearson</b>	$0 \leq  r  < 0,2$
	Não existe correlação ou é desprezável
	$0,2 \leq  r  < 0,7$
	Correlação moderada
	$0,7 \leq  r  < 0,9$
	Correlação forte
	$ r  \geq 0,9$
	Correlação muito forte

**Figura 64. Coeficiente de correlação de Pearson (r) - força de associação causal entre variáveis**

Fonte: Afonso e Nunes (2011).

## 5.7 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

No delineamento do estudo consideraram-se os seguintes critérios de inclusão e exclusão:

### Crítérios de inclusão

- O doente e familiar/cuidador tomar conhecimento do estudo a realizar e assinar o consentimento informado;
- O doente e familiar/cuidador participar voluntariamente;
- O doente autorizar a realização de leituras de dosimetria individual;
- O familiar/cuidador coabitar com o doente que tenha realizado terapêutica com  $^{131}\text{I}$ ;
- O familiar/cuidador autorizar a monitorização da exposição externa e interna a radiações ionizantes;
- O doente e familiar/cuidador cumprirem as restrições determinadas pelo médico;
- O doente e familiar/cuidador cumprirem os procedimentos e restrições recomendadas pela investigadora.

### Crítérios de exclusão

- Interrupção do estudo, pelo doente e/ou familiar/cuidador.



## Capítulo 6 - Resultados

---

Na apresentação dos resultados optou-se por criar duas partes, uma que caracteriza a amostra dos doentes e outra dos familiares/cuidadores.

Para responder aos objetivos propostos, os resultados serão apresentados com a seguinte estrutura:

- 6.1 Caracterização da amostra geral
- 6.2 Doentes
  - 6.2.1 Caracterização de variáveis dos doentes
  - 6.2.2 Relação de variáveis clínicas dos doentes
- 6.3 Familiares/cuidadores
  - 6.3.1 Caracterização de variáveis dos familiares/cuidadores
  - 6.3.2 Análise da exposição externa nos familiares/cuidadores
    - 6.3.2.1 Análise da exposição externa global
    - 6.3.2.2 Análise comparativa da exposição externa por instituições de saúde
  - 6.3.3 Avaliação da exposição interna nos familiares/cuidadores
  - 6.3.4 Análise combinada da exposição externa e interna nos familiares/cuidadores
- 6.4 Síntese das variáveis dependentes e independentes na exposição externa e interna

### 6.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA GERAL

Enquanto amostra total, descreve-se um total de 181 participantes, dos quais 68 (37,6%) são doentes e 113 (62,4%) são familiares/cuidadores.

A amostra total no que respeita ao sexo tem uma representatividade de 95 (51,4%) mulheres e 86 (47,5%) homens.

## 6.2 DOENTES

### 6.2.1 Caracterização de variáveis dos doentes

A amostra dos 68 doentes no que concerne ao sexo tem uma representatividade de 48 (70,6%) mulheres e 20 (29,4%) homens, *cf.* Tabela 24.

**Tabela 24. Caracterização dos doentes por sexo**

Sexo n (%)	Homem	Mulher	Total
Doente	20 (29,4)	48 (70,6)	68 (100)

Dos 68 doentes estudados, 58 (95,1%) são de nacionalidade portuguesa e 10 (4,9%) de outras nacionalidades.

A caracterização da naturalidade e área de residência dos doentes, segundo a NUTS II e NUTS III, proporciona a análise da distribuição geográfica. Os doentes que responderam à questão referente à naturalidade e residência foram 61 (89,7%) e 64 (94,1%), respetivamente (Tabela 25).

**Tabela 25. Caracterização dos doentes de acordo com naturalidade e residência**

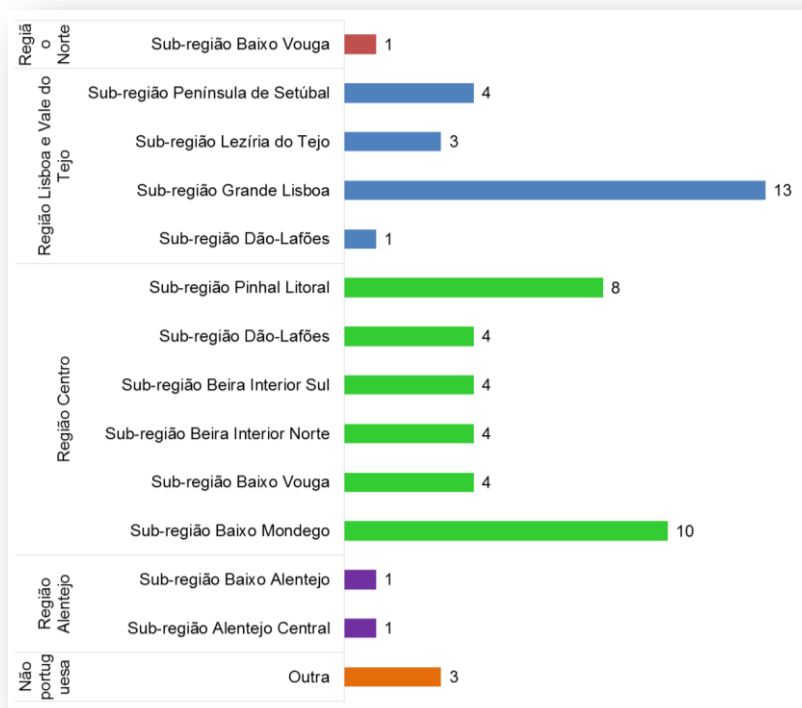
		c/resposta	s/resposta	Total n (%)
NUTS II / NUTS III n (%)	Naturalidade	61 (89,7)	7 (10,3)	68 (100)
	Residência	64 (94,1)	4 (5,9)	68 (100)

Dos 58 doentes de nacionalidade portuguesa, 34 (58,6%) são naturais da região Centro, 21 (36,2%) da região Lisboa e Vale do Tejo, 2 (3,5%) da região Alentejo e 1 (1,7%) da região Norte (Figura 65).

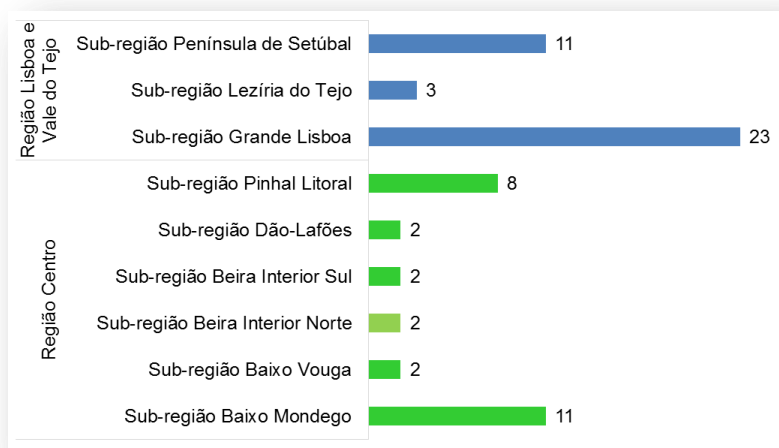
No que se refere à área de residência, 37 (57,8%) doentes são da região Lisboa e Vale do Tejo e 27 (42,2%) da região Centro (Figura 66). Estes valores espelham a distribuição dos doentes segundo as Redes Nacionais de Especialidades Hospitalares e de Referência (Pereira *et al.*, 2016), em vigor à data de realização do estudo, das duas instituições de saúde que participaram na investigação.

A média  $\pm$  Desvio Padrão (DP) de idade dos doentes é de  $50,0 \pm 16,3$  anos sendo que o doente mais jovem tem 7 anos. Os doentes apresentam um IMC médio  $\pm$  DP de  $26,2 \pm 5,3$  Kg.m<sup>-2</sup> (Tabela 26).





**Figura 65. Caracterização da naturalidade dos doentes (n) por NUTS II e NUTS III**



**Figura 66. Caracterização da residência dos doentes (n) por NUTS II e NUTS III**

**Tabela 26. Caracterização dos doentes por idade e IMC**

	Idade (anos)	IMC (Kg.m <sup>-2</sup> )
<b>Média</b>	50,0	26,2
<b>Mediana</b>	49,0	25,4
<b>Desvio Padrão</b>	16,3	5,3
<b>Mínimo</b>	7,0	15,3
<b>Máximo</b>	82,0	41,4
<b>Total n (%)</b>	<b>c/resposta</b>	68 (100)
	<b>s/resposta</b>	63 (92,6)
		0
		5 (7,4)

Categorizou-se a variável idade dos doentes para favorecer a análise de dados. A Tabela 27 apresenta 3 variáveis categóricas com base na idade do doente sendo: “Idade classes”, “Idade grupo 10” e “Idade grupo 18”. Analisando a idade dos doentes por classes (Tabela 27), 1 (1,5%) dos doentes tem idade ≤10 anos, 45 (66,2%) doentes têm idade dos [11 - 60[ anos e 22 (32,4%) têm idade ≥60 anos. A classe dos [41 - 50] anos é a que tem maior frequência (21; 30,9%).

Com base neste dados, apenas 2 doente têm idade superior a 10 anos e inferior a 18 anos. O intervalo de [11 - 17] anos é uma zona de controvérsia entre o doente ser considerado pediátrico ou não, conforme exposto no tópico de definição de variáveis na metodologia.

**Tabela 27. Caracterização da idade dos doentes por classes**

Idade classes	anos	[0-10]	[11-20]	[21-30]	[31-40]	[41-50]	[51-60[	≥60	Total n(%)	
									c/resposta	s/resposta
	n (%)	1 (1,5)	4 (5,9)	5 (7,4)	5 (7,4)	21 (30,9)	10 (14,7)	22 (32,4)	68 (100)	0
Idade grupo10 <sup>a</sup>	anos	≤10	[11-60[	≥60						
	n (%)	1 (1,5)	45 (66,2)	22 (32,4)						
Idade grupo18 <sup>b</sup>	anos	<18	[18-60[	≥60						
	n (%)	3 (4,4)	43 (63,2)	22 (32,4)						

<sup>a</sup> Idade pediátrica ≤10 anos; <sup>b</sup> Idade pediátrica <18 anos.

Considerando as habilitações literárias dos doentes, a predominância está no 1ºciclo (15; 26,3%) e secundário (18; 31,6%). Sumarizando, 1 (1,8%) dos doentes é



As condições habitacionais originam e condicionam atitudes e comportamentos, os quais determinam as medidas de restrições. A maioria dos doentes tem uma cozinha (52; 86,7%), uma sala de estar (46; 76,7%), três quartos de dormir (30; 50%) e dois quartos de banho (29; 48,3%) (Tabela 30).

Olhando especificamente para cada família, todas reuniam condições habitacionais ajustadas ao seu agregado familiar, fator socioeconómico que também permitiu aos doentes com hipertireoidismo terem alta hospitalar no dia em que realizaram a terapêutica e nos doentes com CDT 48 horas após internamento.

**Tabela 30. Caracterização das condições habitacionais dos doentes**

N.º		1	2	3	Total n (%)	
Cozinhas	n (%)	52 (86,7)	7 (11,7)	1 (1,7)	c/resposta	s/resposta
N.º Salas		1	2			
	n (%)	46 (76,7)	14 (23,3)			
N.º Quartos dormir		1	2	3	4	5
	n (%)	2 (3,3)	18 (30,0)	30 (50,0)	7 (11,7)	3 (5,0)
N.º Quartos banho		1	2	3	4	
	n (%)	23 (38,3)	29 (48,3)	7 (11,7)	1 (1,7)	

No dia em que o doente teve alta hospitalar deslocou-se para o seu domicílio no meio de transporte que mais lhe era acessível.

Dos 68 doentes, 54 recorreram a viatura própria, 3 a táxi, 4 foram de comboio e 1 de autocarro (Tabela 31).

Dos doentes, 5 referiram que não se fizeram acompanhar durante o percurso para o seu domicílio. Estes realizaram terapêutica para CDT, sendo que 3 foram de comboio, 1 de táxi e 1 de autocarro (Tabela 31). Nestes casos os dosímetros para os familiares/cuidadores foram entregues ao familiar/cuidador que acompanhou o doente no dia do internamento, com exceção de um doente que viajou de táxi (neste caso os dosímetros dos seus familiares/cuidadores foram entregues ao taxista pela investigadora e explicadas as devidas recomendações).

**Tabela 31. Caracterização das condições de deslocação para o seu domicílio, no dia da alta hospitalar**

Qual o meio de transporte a que vai recorrer na deslocação para casa?	n (%)	Carro próprio	Táxi	Comboio	Autocarro	Total n (%)	
						c/resposta	s/resposta
		54 (87,1)	3 (4,8)	4 (6,5)	1 (1,6)	62 (91,2)	6 (8,8)
Vai acompanhado, no meio de transporte, durante a deslocação para casa?	n (%)	Sim	Não				
		57 (91,9)	5 (8,1)			62 (91,2)	6 (8,8)
Tempo de deslocação previsível	min	<15	[15 - 30[	[30 - 60[	[60 - 90[	[90 - 120]	>120
	n (%)	1 (1,6)	13 (21,3)	27 (44,3)	8 (13,1)	11 (18,0)	1 (1,6)
						61 (89,7)	7 (10,3)

NA= não se aplica.

O posicionamento do doente em relação ao condutor e o tempo de deslocação são variáveis de relevância e abordadas nas normas de alta hospitalar dos doentes.

O tempo de deslocação previsível de [30 - 60[ min foi o mais assinalado (27; 44,3%) pelos doentes (Tabela 31).

Uma das medidas para minimizar a dose de exposição do condutor do veículo, em que o doente se deslocava para casa, após alta hospitalar, foi dar a indicação de que o doente deveria sentar-se no banco traseiro contralateral ao condutor, por ser a posição mais afastada possível. Esta é uma das recomendações da proteção contra as radiações 97 (Comissão Europeia, 1999).

Observa-se que 50,0% (28) dos doentes foram sentados no banco de trás, contralateral ao condutor, o que respeitou o indicado pelo médico. No entanto, 41,1% (23) dos doentes afirmaram ter realizado a viagem sentados no banco ao lado do condutor (Tabela 32).

No procedimento que se refere à localização do doente em relação ao motorista, dos 56 doentes que responderam, verificou-se que aproximadamente metade (28; 50%) cumpriu as recomendações (i.e. viajar no banco de trás, contralateral ao condutor) e a outra metade não cumpriu, viajando no banco ao lado do condutor. Os doentes com CDT (17) foram os que menos cumpriram as recomendações (Tabela 32).

**Tabela 32. Localização do doente em relação ao condutor, no dia da alta hospitalar**

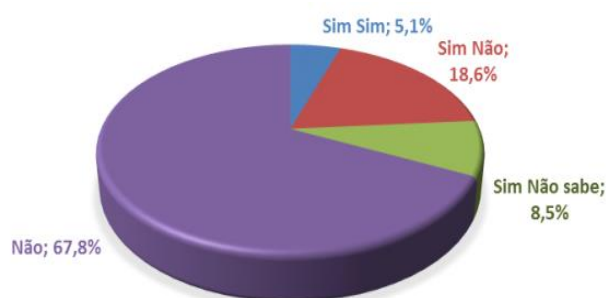
Variável 1	Variável 2	Terapêutica do doente		Total n (%)
		Hipertireoidismo	CDT	
Qual a localização do doente em relação ao acompanhante?	Banco de trás, contralateral ao condutor.	2 (7,1)	26 (92,9)	28 (50,0)
	Banco ao lado do condutor.	6 (26,1)	17 (73,9)	23 (41,1)
	NA	5 (8,9)	0	5 (8,9)
<b>Total n (%)</b>	<b>c/respostas/resposta</b>	13 (23,2) 0	43 (76,8) 0	56 (100) 0

NA = não se aplica

O incumprimento desta recomendação pode aumentar a dose de exposição para os motoristas, familiares ou acompanhantes (Tabela 32).

As doenças da tiroide têm uma componente hereditária.

Questionados os doentes “Sabe se tem outros familiares próximos com doença da tiroide?”, 32,2% responderam que sim. Caso a resposta fosse positiva colocou-se a questão “O seu familiar fez terapêutica com  $^{131}\text{I}$ ?”, em que apenas 5,1% dos doentes referem que os seus familiares tiveram necessidade de realizar terapêutica com  $^{131}\text{I}$  e 18,6% indicam que existiu a doença mas não fizeram terapêutica com  $^{131}\text{I}$  (Figura 67). No entanto há doentes (8,5%) que não sabem se os familiares realizaram terapêutica com  $^{131}\text{I}$ , apesar de terem doença na tiroide. A maioria dos doentes (67,8%) aponta a ausência de doenças da tiroide nos seus familiares (Figura 67).



**Figura 67. Caracterização de familiares que possam ter ou já tenham tido doença da tiroide e realizaram terapêutica com  $^{131}\text{I}$**

A Tabela 33 apresenta a distribuição dos doentes por instituição de saúde e por tipo de terapêutica que realizaram.

Dos 68 doentes, 26 (38,2%) realizaram terapêutica no Hosp\_A e 42 (61,8%) no Hosp\_B. Quanto à terapêutica realizada, 57 (83,8%) fizeram terapêutica para CDT e 11 (16,2%) para hipertireoidismo (Tabela 33).

O número de doentes mulheres é superior relativamente ao número de doentes homens (Tabela 34), numa proporção total de 2,4 mulheres para 1 homem em ambas as terapêuticas.

**Tabela 33. Caracterização dos doentes por instituição de saúde e tipo de terapêutica**

Instituição de Saúde n (%)		Hosp_A	Hosp_B	Total n (%)
Terapêutica	CDT	21 (30,9)	36 (52,9)	57 (83,8)
	Hipertireoidismo	5 (7,4)	6 (8,8)	11 (16,2)
Total n (%)		26 (38,2)	42 (61,8)	68 (100)

**Tabela 34. Caracterização dos doentes por instituição de saúde, tipo de terapêutica e sexo**

Terapêutica n (%)	Sexo	Hosp_A	Hosp_B	Total n (%)
CDT	Homem	6 (10,5)	11 (19,3)	17 (29,8)
	Mulher	15 (26,3)	25 (43,9)	40 (70,2)
Hipertireoidismo	Homem	1 (9,1)	2 (18,2)	3 (27,3)
	Mulher	4 (36,4)	4 (36,4)	8 (72,7)

A atividade média administrada de  $^{131}\text{I}$  foi de  $2730,8 \pm 1603,2$  MBq ( $73,8 \pm 43,3$  mCi) e o débito de dose efetiva médio medido a 1 metro foi  $12,8 \pm 7,6$   $\mu\text{Sv.h}^{-1}$ .

A atividade média  $\pm$  DP de  $^{131}\text{I}$  administrada aos doentes que realizaram terapêutica para CDT foi de  $3434,6 \pm 1065,3$  MBq ( $92,8 \pm 28,8$  mCi) e nos doentes de terapêutica para hipertireoidismo foi de  $365,4 \pm 101,6$  MBq ( $9,9 \pm 2,7$  mCi) (Tabela 35).

A atividade administrada de  $^{131}\text{I}$  nos dois tipos de terapêuticas, em ambas as instituições de saúde, apresenta valores muito próximos (Tabela 35).

**Tabela 35. Caracterização da atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada e o débito de dose efetiva dos doentes, por instituição de saúde e tipo de terapêutica**

Instituição de Saúde	Terapêutica	Atividade Terapêutica (MBq)		Débito de dose efetiva a 1 metro distância ( $\mu\text{Sv.h}^{-1}$ )	
		Média $\pm$ DP <sup>a</sup>	Intervalo	Média $\pm$ DP <sup>a</sup>	Intervalo
Hosp_A	CDT	2926,6 $\pm$ 1324,0	[1221,0 – 6031,0]	12,0 $\pm$ 9,2	[1,0 – 28,0]
	Hipertiroidismo	396,9 $\pm$ 128,1	[282,3 – 555,0]	24,0 $\pm$ 5,5	[20,0 – 30,0]
Hosp_B	CDT	3628,1 $\pm$ 879,2	[1110,0 – 5550,0]	8,2 $\pm$ 3,2	[2,5 – 17,0]
	Hipertiroidismo	339,2 $\pm$ 75,5	[185,0 – 370,0]	18,3 $\pm$ 4,1	[10,0 – 20,0]
Total	CDT	3434,6 $\pm$ 1065,3	[1110,0 – 5920,0]	9,6 $\pm$ 6,4	[1,0 – 28,0]
	Hipertiroidismo	365,4 $\pm$ 101,6	[185,0 – 555,0]	20,1 $\pm$ 5,4	[10,0 – 30,0]

<sup>a</sup> DP=Desvio padrão

Dos doentes observados, 57 (83,8%) realizaram terapêutica de internamento, num período de durante 48 horas, pelo facto da atividade terapêutica ser  $\geq 740$  MBq, (Tabela 36). Nos doentes com CDT, o intervalo de atividade de  $^{131}\text{I}$  [3700 - 5550] MBq é o que apresenta maior frequência (30; 44,1%) (Tabela 36).

O período de restrição de 7 dias foi o mais indicado aos doentes (51; 75,0%) (Tabela 36). No entanto 5 (7,4%) doentes não tiveram dias de restrições, após alta hospitalar (Tabela 36), porque os seus familiares tinham idade  $\geq 60$  anos.

Os 6 doentes que tiveram um período de restrição de 14 dias realizaram terapêutica para hipertiroidismo (Figura 68).

**Tabela 36. Caracterização da atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada (MBq) e o período de restrições (dias) dos doentes**

Atividade de $^{131}\text{I}$ administrada (MBq)	Classes	[1-740]	[740 -1850]	[1850 - 3700]	[3700 - 5550]	[5550 - 7400]	Total n (%)	
							c/resposta	s/resposta
Atividade de $^{131}\text{I}$ administrada (MBq)	n (%)	11 (16,2)	5 (7,4)	17 (25,0)	30 (44,1)	5 (7,4)	68 (100)	0
	Classes 740 <sup>a</sup>	<740	$\geq 740$					
	n (%)	11 (16,2)	57 (83,8)				68 (100)	0
Período de restrições	dias	s/ restrições	4	7	14			
	n (%)	5 (7,4)	1 (1,5)	56 (82,4)	6 (8,8)		68 (100)	0

<sup>a</sup> Limite de atividade para ambulatório/internamento.



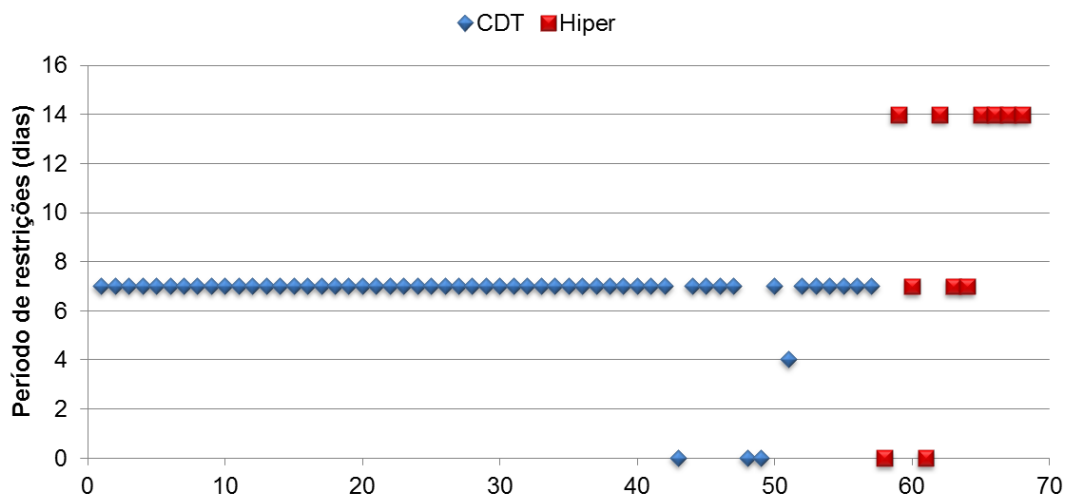


Figura 68. Período de restrição (dias) indicado aos doentes (n) de CDT e hipertiroidismo

### 6.2.2 Relação de variáveis clínicas dos doentes

Neste estudo não podemos esquecer que o doente é considerado uma fonte radioativa não selada o que sustenta a análise de variáveis que direta ou indiretamente possa influenciar a variação da atividade da fonte – o doente.

#### A avaliação da relação entre a atividade de $^{131}\text{I}$ administrada, IMC e o débito de dose efetiva, dos doentes

Existem vários fatores que podem influenciar o valor do débito de dose efetiva. No entanto, pretende-se avaliar se existe alguma relação entre (i) a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente e o seu débito de dose efetiva a 1 metro de distância (ii) o IMC do doente e o seu débito de dose efetiva a 1 metro de distância e (iii) por fim a relação entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente, o seu IMC e o seu débito de dose efetiva a 1 metro de distância.

Os doentes que realizaram terapêutica para hipertiroidismo não foram considerados na avaliação da relação com a variável débito de dose efetiva. Esta tomada de posição justifica-se pelo facto de o seu débito de dose efetiva ter sido estimado com base nas recomendações do relatório Radiation Protection 97 (European Commission, 1998) (Tabela 7) e não ter sido medido *in situ*.

Para verificar se as variáveis clínicas dos doentes “Atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada” e “IMC” estão relacionadas com o “Débito de dose efetiva”, calculou-se o coeficiente de correlação de *Spearman* (Figura 69 e a Tabela 37).

A Figura 69 apresenta a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada aos doentes com hipertireoidismo e com CDT, bem como os respetivos valores do débito de dose efetiva a 1 metro de distância. Adicionalmente, também se observa a correlação linear entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrado aos doentes com CDT e o débito de dose efetiva a 1 metro de distância.

Nos doentes com CDT verifica-se uma correlação moderada estatisticamente significativa ( $\rho_{sp} = 0,342$ ;  $p = 0,009$ ) entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente e o débito de dose efetiva a 1 metro (Figura 69 e a Tabela 37). Constata-se, assim, que a atividade administrada de  $^{131}\text{I}$  é uma variável que favorece o aumento do débito de dose efetiva no doente.

**Tabela 37. Relação da atividade de  $^{131}\text{I}$  e o IMC, com o débito de dose efetiva em doentes com CDT**

Variáveis	Débito de dose efetiva ( $\text{uSv.h}^{-1}$ )	
	Valor observável	Interpretação estatística
<b>Atividade de <math>^{131}\text{I}</math> administrada (<math>\text{MBq}</math>)</b>	$\rho_{sp}^a = 0,342$ $p = 0,009$ $n = 57^b$	<b>Correlação moderada estatisticamente significativa</b>
<b>IMC do doente (<math>\text{Kg.m}^{-2}</math>)</b>	$\rho_{sp}^a = 0,237$ $p = 0,088$ $n = 53^b$	Correlação moderada estatisticamente não significativa

<sup>a</sup>  $\rho$  de Spearman; <sup>b</sup> Doentes de CDT.

Sendo o IMC também uma variável a analisar, a apresenta o IMC dos doentes com hipertireoidismo e com CDT, assim como os respetivos valores do débito de dose efetiva a 1 metro de distância. Adicionalmente, também se observa a correlação linear entre o IMC e o débito de dose efetiva a 1 metro de distância.

Os doentes que realizaram terapêutica para CDT evidenciam uma correlação moderada estatisticamente não significativa ( $\rho_{sp} = 0,237$ ;  $p = 0,088$ ) entre o IMC e o débito de dose efetiva a 1 metro de distância (Figura 70 e a Tabela 37).

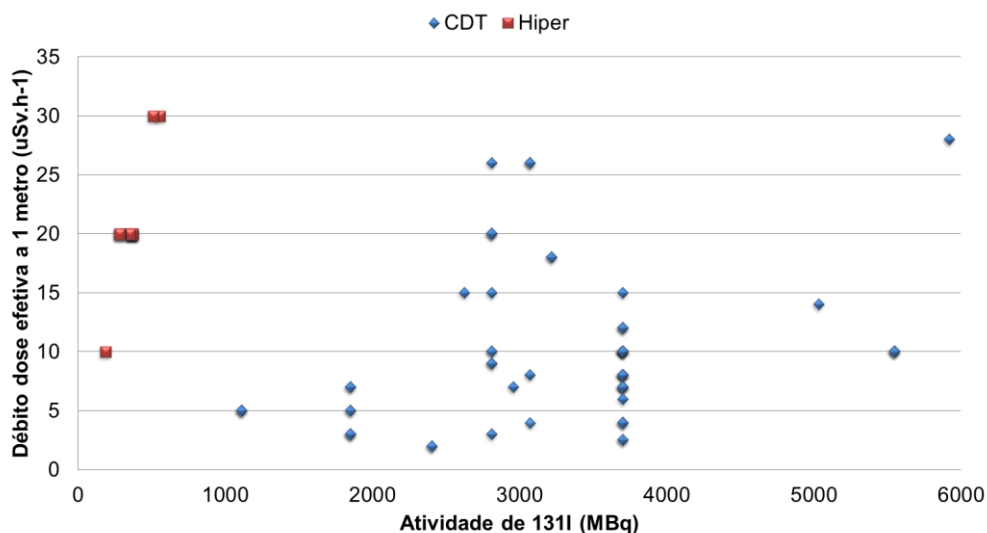


Figura 69. Variação do débito de dose efetiva a 1 metro de distância em função da atividade de <sup>131</sup>I administrada aos doentes com Hiper ou CDT. Correlação entre a atividade de <sup>131</sup>I administrada ao doente com CDT e o débito de dose efetiva a 1 metro de distância.

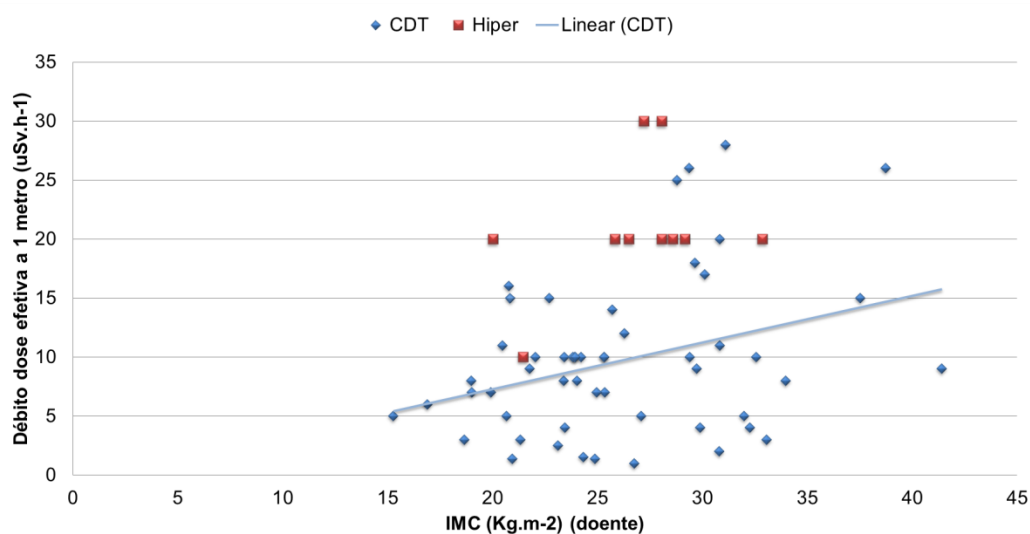


Figura 70. Variação do débito de dose efetiva a 1 metro de distância em função do IMC dos doentes com Hiper ou CDT. Correlação entre o IMC do doente com CDT e o débito de dose efetiva a 1 metro de distância.

Contudo, procedeu-se à análise multivariada da atividade de <sup>131</sup>I administrada, o IMC e o débito de dose efetiva dos doentes, para verificar se existe alguma relação.

Para favorecer a análise caracterizou-se o IMC por tipo de terapêutica realizada e por instituição de saúde (Tabela 38).

Os doentes que realizaram terapêutica para CDT ou hipertiroidismo apresentam um IMC médio de  $26,1 \pm 5,5 \text{ Kg.m}^{-2}$  e  $26,8 \pm 3,7 \text{ Kg.m}^{-2}$ , respetivamente (Tabela 38).

Nesta avaliação a amostra é composta por doentes que realizaram terapêutica para CDT, com origem do Hosp\_A e do Hosp\_B.

O IMC classificou-se segundo a escala: Baixo peso, Eutrofia, Pré-obesidade e Obesidade.

**Tabela 38. Caracterização do IMC dos doentes por instituição de saúde e tipo de terapêutica**

Instituição de Saúde	Terapêutica	IMC ( $\text{Kg.m}^{-2}$ )	
		Média $\pm$ DP <sup>a</sup>	Intervalo
Hosp_A	CDT	27,7 $\pm$ 5,1	[20,8 – 38,7]
	Hipertiroidismo	25,9 $\pm$ 3,5	[20,0 – 28,6]
Hosp_B	CDT	25,0 $\pm$ 5,5	[15,3 – 41,4]
	Hipertiroidismo	27,6 $\pm$ 4,2	[21,5 – 32,9]
Total	CDT	26,1 $\pm$ 5,5	[15,3 – 41,4]
	Hipertiroidismo	26,8 $\pm$ 3,7	[20,0 – 32,9]

<sup>a</sup> DP=Desvio padrão

Em função da atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada, agruparam-se os doentes em 5 grupos, A, B, C, D e E. Cada grupo corresponde a uma atividade específica de  $^{131}\text{I}$  administrada, onde: A = 1258 MBq (34 mCi), B = 1850 MBq (50 mCi), C = 2738 MBq (74 mCi), D = 3700 (100 mCi) MBq e E = 5550 MBq (150 mCi) (Tabela 39). O grupo D é o que tem um maior número de doentes (25; 53,2%).

**Tabela 39. Caracterização da terapêutica realizada pelos doentes, em função do sexo e atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada por categorias (grupo A, B, C, D e E)**

Terapêutica	Grupo de doentes	Atividade de $^{131}\text{I}$ administrada (MBq (mCi))	n.º de doentes		
			Mulher	Homem	Total n (%)
CDT	A	1258 (34)	3	2	5 (10,6)
	B	1850 (50)	4	0	4 (8,7)
	C	2738 (74)	7	1	8 (17,0)
	D	3700 (100)	16	9	25 (53,2)
	E	5550 (150)	3	2	5 (10,6)

A Tabela 40 e a Figura 71 apresentam a análise descritiva das variáveis IMC e débito de dose efetiva a 1 metro de distância, nos grupos de atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada.

No gráfico da Figura 71 constata-se que a menor variação do débito de dose efetiva é no grupo D, em que a atividade terapêutica dos doentes foi de 3700 MBq (100 mCi).

**Tabela 40. Caracterização do IMC e débito de dose efetiva a 1 metro, por atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada por categorias (grupo A, B, C, D e E).**

Grupo		IMC (Kg.m <sup>-2</sup> )	Débito de dose efetiva a 1 metro de distância (uSv.h <sup>-1</sup> )
A	Média	22,4	2,1
	Desvio Padrão	4,5	1,7
	Mínimo	15,3	1,0
	Máximo	26,8	5,0
B	Média	52,3	10,4
	Desvio Padrão	7,9	8,7
	Mínimo	43,0	1,4
	Máximo	62,0	26,0
C	Média	27,3	9,8
	Desvio Padrão	5,7	7,5
	Mínimo	21,3	1,0
	Máximo	37,5	26,0
D	Média	25,2	9,8
	Desvio Padrão	5,4	7,4
	Mínimo	16,9	1,4
	Máximo	41,4	26,0
E	Média	24,6	8,7
	Desvio Padrão	3,8	6,0
	Mínimo	20,8	3,0
	Máximo	41,4	17,0

A= 1258 MBq (34 mCi), B=1850 MBq (50 mCi), C= 2738 MBq (74 mCi), D=3700 MBq (100 mCi) e E=5550 MBq (150 mCi).

O número de doentes nos grupos A, B, C e E é pequeno (Tabela 39), o que torna a análise destes grupos inconclusiva quando a variável IMC categorizada (Tabela 41).

Nenhum dos doentes que realizou terapêutica para CDT tem baixo peso (Tabela 41).

No grupo D da Tabela 41 verifica-se que à medida que aumenta o IMC o débito de dose efetiva também aumenta.

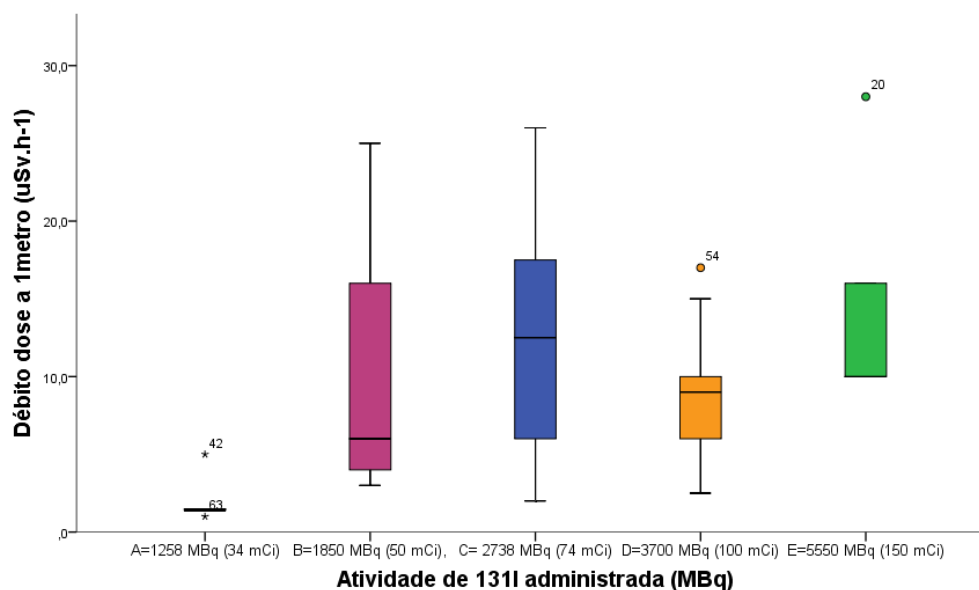


Figura 71. Variação do débito de dose efetiva em função da atividade de <sup>131</sup>I administrada por categorias (grupos A, B, C, D e E)

Tabela 41. Caracterização do valor médio do IMC e débito de dose efetiva a 1 metro pelas classes do IMC, dos doentes com CDT em função da atividade de <sup>131</sup>I administrada por categorias (grupos A, B, C, D e E).

Grupo	Variáveis	Baixo peso	Eutrofia	Excesso de peso	Obesidade
		Média±DP	Média±DP	Média±DP	Média±DP
A	n	0	4	1	0
	IMC (Kg.m <sup>-2</sup> )	---	21,8±1,7	26,7±2,1	---
	Débito dose efetiva (uSv.h <sup>-1</sup> )	---	2,3±1,9	1,0±0,0	---
B	n	0	1	1	2
	IMC (Kg.m <sup>-2</sup> )	---	19,0±0,0	28,8±0,0	32,5±0,8
	Débito dose efetiva (uSv.h <sup>-1</sup> )	---	7,0±0,0	25,0±0,0	4,0±1,4
C	n	0	4	1	3
	IMC (Kg.m <sup>-2</sup> )	---	22,5±1,3	29,4±0,0	33,1±3,9
	Débito dose efetiva (uSv.h <sup>-1</sup> )	---	9,3±4,9	26,0±0,0	12,3±9,3
D	n	0	13	8	4
	IMC (Kg.m <sup>-2</sup> )	---	21,3±2,3	27,3±2,1	33,7±5,2
	Débito dose efetiva (uSv.h <sup>-1</sup> )	---	7,5±3,5	8,4±2,8	11,8±3,6
E	n	0	4	0	1
	IMC (Kg.m <sup>-2</sup> )	---	23,0±1,5	---	31,1±0,0
	Débito dose efetiva (uSv.h <sup>-1</sup> )	---	11,5±3,0	---	28,0±0,0

A= 1258 MBq (34 mCi), B=1850 MBq (50 mCi), C= 2738 MBq (74 mCi), D=3700 MBq (100 mCi) e E=5550 MBq (150 mCi).

Para calcular a variação relativa do IMC e do débito de dose, dos doentes de CDT com excesso de peso ou obesos, considerou-se como referencial “normal” do IMC os

doentes com eutrofia, como explicado no capítulo da metodologia. Serve como exemplo o exercício de cálculo realizado para os doentes do grupo D:

- Determinação da variação relativa do IMC nos doentes com excesso do peso

- $IMC (\%) = (21,3 - 27,3)/21,3 = -28,2\%$

Indica que a variação relativa do IMC nos doentes com excesso do peso em relação aos doentes com eutrofia foi um aumento de 28,2%

- Determinação da variação relativa do débito de dose efetiva nos doentes com excesso do peso

- $Débito \text{ de dose efetiva } (\%) = (7,5 - 8,4)/7,5 = -12,0\%$

Indica que a variação relativa do débito de dose efetiva nos doentes com excesso do peso em relação aos doentes com eutrofia foi um aumento de 12%.

- Determinação da variação relativa do IMC nos doentes com obesidade

- $IMC (\%) = (21,3 - 33,7)/21,3 = -58,2\%$

Indica que a variação relativa do IMC nos doentes com obesidade em relação aos doentes com eutrofia foi um aumento de 58,2%.

- Determinação da variação relativa do débito de dose efetiva nos doentes com obesidade

- $Débito \text{ de dose efetiva } (\%) = (7,5 - 11,8)/7,5 = -57,3\%$

Indica que a variação relativa do débito de dose efetiva nos doentes com obesidade em relação aos doentes com eutrofia foi um aumento de 57,3%.

A metodologia de cálculo exemplificada para o grupo D foi aplicada nos grupos A, B, C e E (Tabela 42).

O grupo D é o que tem uma amostra com mais doentes, por isso esta análise aí incidir. Nos doentes do grupo D com excesso de peso observou-se um aumento do IMC (28,2%) e débito de dose efetiva (12,0%) em relação aos doentes com eutrofia. Já nos doentes com obesidade do grupo D observou-se um aumento do IMC (58,2%) e débito de dose efetiva (57,3%) em relação aos doentes com eutrofia. Perante o exposto, verifica-se uma relação diretamente entre o IMC e o débito de dose efetiva dos doentes (Tabela 42).

A exposição externa e interna nos familiares/cuidadores podem estar associadas a variáveis independentes dos doentes, residindo aí o interesse em identificar as variáveis que possam influenciar a dose de exposição nos familiares/cuidadores.

Com base nos resultados expresso na Tabela 43, verifica-se que não existe correlação entre o IMC e o  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(0,07)_{\text{max}}$ ,  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(0,07)_{\text{max}}$  dos familiares/cuidadores.

**Tabela 42. Variação relativa do débito de dose efetiva nos grupos de doentes de CDT com IMC por excesso de peso e obesos, em relação ao grupo com IMC eutrofia**

Grupo	A	B	C	D	E
<b>Doente com excesso de peso em relação ao IMC eutrofia</b>					
▪ Diferença relativa do IMC	-22,5%	-51,6%	-30,7%	-28,2%	---
▪ Diferença relativa do débito de dose efetiva	56,5%	-257,1%	-179,6%	-12,0%	---
<b>Doente com obesidade em relação ao IMC eutrofia</b>					
▪ Diferença relativa do IMC	---	-71,0%	-47,1%	-58,2%	-35,2%
▪ Diferença relativa do débito de dose efetiva	---	42,9%	-32,3%	-57,3%	-143,5%

A= 1258 MBq (34 mCi), B=1850 MBq (50 mCi), C= 2738 MBq (74 mCi), D=3700 MBq (100 mCi) e E=5550 MBq (150 mCi).

**Tabela 43. Relação entre o IMC dos doentes e o  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(0,07)_{\text{max}}$ ,  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(0,07)_{\text{max}}$  dos familiares/cuidadores**

Variável 1	Variável 2	Valor observável	Interpretação estatística
$H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	IMC do doente ( $\text{Kg.m}^{-2}$ )	$\rho_{sp}^a = -0,073$ $p = 0,590$ $n = 57$	Não existe correlação e estatisticamente não é significativa
$H_p(0,07)_{\text{max}}$ (mSv)	IMC do doente ( $\text{Kg.m}^{-2}$ )	$\rho_{sp}^a = -0,085$ $p = 0,531$ $n = 57$	
$H_p(0,10)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	IMC do doente ( $\text{Kg.m}^{-2}$ )	$\rho_{sp}^a = -0,074$ $p = 0,585$ $n = 57$	
$H_p(0,10)_{\text{max}}$ (mSv)	IMC do doente ( $\text{Kg.m}^{-2}$ )	$\rho_{sp}^a = -0,074$ $p = 0,585$ $n = 57$	

<sup>a</sup> ró de Spearman; <sup>b</sup> Doentes de CDT.

As condições socioeconómicas podem condicionar a realização de terapêutica com  $^{131}\text{I}$  de ambulatório e o período de internamente a que o doente possa estar sujeito.

Como variáveis caracterizantes das consideraram-se socioeconómicas: as condições habitacionais, isto é, se tinham cozinha, o número de quartos de dormir, número de quartos de banho e sala de estar; o rendimento familiar; habilitações literárias do doente e do familiar/cuidador; a profissão do doente e do familiar/cuidador.

No referente às condições habitacionais, todos os doentes tinham cozinha e sala de estar. Quanto ao número de quartos de dormir e quartos de banho, todos estavam adequados ao número de pessoas do agregado familiar.

Para as variáveis rendimento familiar, habilitações literárias do doente e do familiar/cuidador, a profissão do doente e do familiar/cuidador, fez-se a comparação entre  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$ . Para que a análise comparativa entre os resultados dos



doente e do familiar/cuidador seja mais fácil de observar, os valores referentes aos familiares/cuidadores serão apresentados conjuntamente com os dos doentes, conforme apresentado na Tabela 44.

Verifica-se que existe evidência de que a distribuição do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(8) = 10,47$ ;  $p = 0,233$ ) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(8) = 9,94$ ;  $p = 0,269$ ) é a mesma entre os diferentes escalões remuneratórios (Tabela 44).

A formação académica e profissional condicionam atitudes e comportamentos, os quais podem resultar no aumento ou diminuição da exposição dos seus familiares.

Na análise por profissão existe evidência de que a distribuição do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(9) = 21,32$ ;  $p = 0,011$ ) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(9) = 23,36$ ;  $p = 0,005$ ) não é a mesma entre as categorias profissionais dos doentes. Nos familiares/cuidadores existe evidência de que a distribuição do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(46) = 46,60$ ;  $p = 0,447$ ) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(46) = 46,73$ ;  $p = 0,442$ ) é a mesma entre as suas categorias profissionais (Tabela 44).

Na análise por habilitações literárias existe evidência de que a distribuição do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(6) = 20,40$ ;  $p = 0,002$ ) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(6) = 22,44$ ;  $p = 0,001$ ) não é a mesma entre as categorias de habilitações literárias dos doentes. Nos familiares/cuidadores existe evidência de que a distribuição do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(6) = 10,81$ ;  $p = 0,147$ ) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(6) = 11,44$ ;  $p = 0,120$ ) é a mesma entre as categorias de habilitações literárias (Tabela 44).

**Tabela 44. Comparação de distribuição do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  (mSv) com variáveis socioeconómicas**

Variáveis	Rendimento familiar			
$H_p(10)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\chi^2_{\text{KW}}(8)$	10,47		
	valor $p$	= 0,233		
$H_p(10)_{\text{max}}$ (mSv)	$\chi^2_{\text{KW}}(8)$	9,94		
	valor $p$	= 0,269		
Variáveis	Profissão			
	Doente		Familiar	
$H_p(10)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\chi^2_{\text{KW}}(9)$	21,32	$\chi^2_{\text{KW}}(46)$	46,60
	valor $p$	= 0,011	valor $p$	= 0,447
$H_p(10)_{\text{max}}$ (mSv)	$\chi^2_{\text{KW}}(9)$	23,36	$\chi^2_{\text{KW}}(46)$	46,73
	valor $p$	= 0,005	valor $p$	= 0,442
Variáveis	Habilitações literárias			
	Doente		Familiar	
$H_p(10)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\chi^2_{\text{KW}}(6)$	20,40	$\chi^2_{\text{KW}}(7)$	10,81
	valor $p$	= 0,002	valor $p$	= 0,147
$H_p(10)_{\text{max}}$ (mSv)	$\chi^2_{\text{KW}}(6)$	22,44	$\chi^2_{\text{KW}}(7)$	11,44
	valor $p$	= 0,001	valor $p$	= 0,120

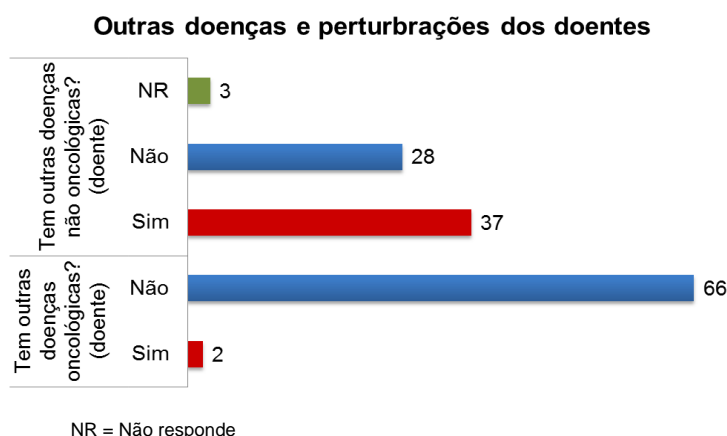
### VERIFICAÇÃO DA COMPLEXIDADE DOS DOENTES

A complexidade do doente tem uma grande ponderação nas decisões clínicas. Inclusivamente, o índice de complexidade induz o consumo de recursos necessários para tratar o doente (Costa e Lopes, 2004).

As respostas obtidas foram codificadas com base nas Grandes Categorias Diagnósticas, como descrito na Tabela 23.

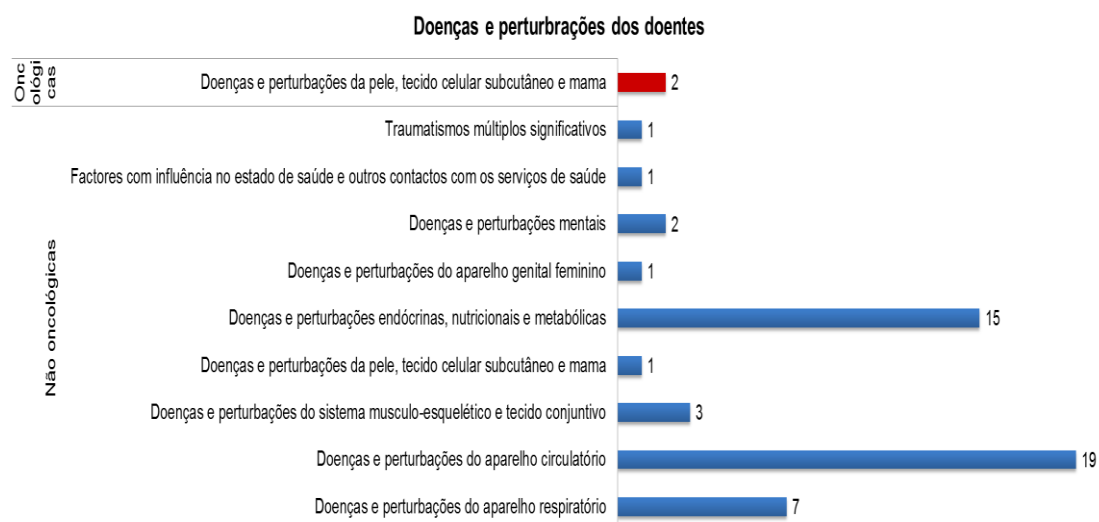
Dos 68 doentes estudados, 66 (97,1%) referiram não ter outras doenças oncológicas e 2 (2,3%) revelaram possuir outras doenças oncológicas (Figura 72). Na caracterização das doenças não oncológicas dos 68 doentes, 3 (4,4%) não responderam, 28 (41,2%) referiram não ter doenças e 37 (54,4%) disseram ter outras doenças (Figura 72).

Nas Grandes Categorias Diagnósticas das doenças não oncológicas, referidas pelos 37 doentes, as que têm maior frequência são as “Doenças e perturbações do aparelho circulatório” (19; 51,4%), “Doenças e perturbações endócrinas, nutricionais e metabólicas” (15; 40,5%) e “Doenças e perturbações do aparelho respiratório” (7; 18,9%) (Figura 73).



**Figura 72. Caracterização da complexidade dos doentes (n)**

O padrão de doenças apontadas pelos doentes e apresentado na Figura 73 segue o padrão geral da população portuguesa (Portugal. MS. DGS, 2014). Com base na informação da Direção-Geral da Saúde referente a 2014, as principais doenças de causa de morte em Portugal são doenças do aparelho circulatório, tumores malignos, doenças do aparelho respiratório, diabetes mellitus, doenças autoprovocadas intencionalmente (suicídios) e doenças pelo vírus imunodeficiência adquirida (Portugal. MS. DGS, 2014).



**Figura 73. Outras doenças e perturbações dos doentes, codificadas pelas Grandes Categorias Diagnósticas (n)**

## 6.3 FAMILIARES/CUIDADORES

### 6.3.1 Caracterização de variáveis dos familiares/cuidadores

A amostra dos familiares/cuidadores no que se refere ao sexo tem uma representatividade de 47 (41,6%) mulheres e 66 (58,4%) homens, *cf.* Tabela 46.

**Tabela 45. Caracterização da amostra total, doentes e familiares/cuidadores, por sexo**

Sexo n (%)	Homem	Mulher	Total
<b>Familiar/cuidador</b>	66 (58,4)	47 (41,6)	113 (100)

Procedeu-se à categorização dos familiares/cuidadores por idade, seguindo os mesmos princípios aplicados nos dados dos doentes.

A média de idade dos familiares/cuidadores é de  $40,0 \pm 20,3$  anos, no intervalo de [1,5 - 79,0] anos (Tabela 46). Analisando os dados agrupados, 8 (7,1%) dos familiares/cuidadores tem idade  $\leq 10$  anos, 77 (68,1%) têm idade entre os [11 - 60[ anos e 24 (21,2%) com idade  $\geq 60$  anos (Tabela 47).

**Tabela 46. Caracterização dos familiares/cuidadores por idade**

		Idade (anos)
	<b>Média</b>	40,0
	<b>Mediana</b>	41,0
	<b>Desvio Padrão</b>	20,3
	<b>Mínimo</b>	1,5
	<b>Máximo</b>	79,0
<b>Total n (%)</b>	<b>c/resposta</b>	109 (96,5)
	<b>s/resposta</b>	4 (3,5)

Na categorização das variáveis contínuas – idade, habilitações literárias e escolaridade obrigatória – aplicaram-se os mesmos critérios que foram utilizados aos dados dos doentes (Tabela 48).

Considerando as habilitações literárias dos familiares/cuidadores, 4 (4,3%) frequentaram o pré-escolar, 64 (68,9%) têm o ensino obrigatório (considerado à data de realização do estudo) e 25 (26,9%) são detentores de formação no ensino superior (Tabela 48).

Quanto ao grau de parentesco entre doentes e familiares/cuidadores, 51 (45,1%) são cônjuges, 45 (39,8%) são filhos, 9 (8%) são mães, 6 (5,3%) pais, 1 (0,9%) irmãos e 1 (0,9%) tem outro grau de parentesco (Tabela 48).

**Tabela 47. Caracterização da idade dos familiares/cuidadores por classes etárias**

<b>Idade classe</b>	<b>anos</b>	[0-10]	[11-20]	[21-30]	[31-40]	[41-50]	[51-60[	≥60	<b>Total n(%)</b>	
		n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	<b>c/resposta</b>	<b>s/resposta</b>
		8 (7,1)	15 (13,3)	19 (16,8)	10 (8,8)	18 (15,9)	15 (13,3)	24 (21,2)		
<b>Idade grupo10<sup>a</sup></b>	<b>anos</b>	≤10	[11-60[	≥60						
	<b>n (%)</b>	8 (7,1)	77 (68,1)	24 (21,2)						
									109 (96,5)	4 (3,5)
<b>Idade grupo18<sup>b</sup></b>	<b>anos</b>	<18	[18-60[	≥60						
	<b>n (%)</b>	15 (13,3)	70 (61,9)	24 (21,2)						

<sup>a</sup> Idade pediátrica ≤10 anos; <sup>b</sup> Idade pediátrica <18 anos.

**Tabela 48. Caracterização dos familiares/cuidadores por habilitações literárias, escolaridade obrigatória e grau de parentesco**

Habilitações literárias	n (%)	Pré-escolar	1º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	Secundário	Licenciatura	Mestrado	Bacharelato	Total	
		4 (4,3)	18 (19,4)	10 (10,8)	21 (22,6)	15 (16,1)	20 (21,5)	1 (1,1)	4 (4,3)	c/resposta 93 (82,3)	s/resposta 20 (17,7)
Escolaridade obrigatória	n (%)	Pré-escolar	Ensino obrigatório	Ensino superior							
		4 (4,3)	64 (68,9)	25 (26,9)	93 (82,3) 20 (17,7)						
Grau de parentesco	n (%)	Cônjuge	Filho(s)	Mãe	Pai	Irmão(s)	Outro				
		51 (45,1)	45 (39,8)	9 (8,0)	6 (5,3)	1 (0,9)	1 (0,9)	113 (100) 0			

Na amostra de 113 familiares/cuidadores, 35 (31%) são da instituição de saúde Hosp\_A e 78 (69%) da instituição saúde Hosp\_B. A Tabela 49 apresenta a distribuição dos familiares/cuidadores por instituição de saúde e por tipo de terapêutica prescrita aos doentes. Observa-se que 95 (84,1%) são familiares/cuidadores de doentes que realizaram terapêutica para CDT e 18 (15,9%) são familiares/cuidadores de doentes que realizaram terapêutica para hipertireoidismo (Tabela 49).

**Tabela 49. Caracterização do n.º de familiares/cuidadores por instituição de saúde e tipo de terapêutica do doente**

Instituição de Saúde n (%)		Hosp_A	Hosp_B	Total
Terapêutica	CDT	28 (24,8)	67 (59,3)	95 (84,1)
	Hipertireoidismo	7 (6,2)	11 (9,7)	18 (15,9)
Total n (%)		35 (31,0)	78 (69,0)	113 (100)

Dos 8 familiares/cuidadores com idade  $\leq 10$  anos, 7 (7,5%) são familiares/cuidadores de doentes que realizaram terapêutica para CDT (Tabela 50). De entre os familiares/cuidadores dos doentes que realizaram terapêutica para CDT, 68 (72,3%) têm idade entre os [11 - 60[ anos e 19 (20,2%) têm idade  $\geq 60$  anos (Tabela 50).

**Tabela 50. Caracterização dos familiares/cuidadores por classes etárias (idade grupo\_10) e tipo de terapêutica do doente**

Idade grupo <sup>10</sup> <sup>a</sup> n (%)		≤10	[11-60[	≥60	Total n (%)	
					c/resposta	s/resposta
Terapêutica	CDT	7 (7,5)	68 (72,3)	19 (20,2)	94 (98,9)	1 (1,1)
	Hipertiroidismo	1 (6,7)	9 (60,0)	5 (33,3)	15 (15,9)	3 (15,9)
Total n (%)		8 (7,3)	77 (70,6)	24 (22,0)	109 (96,5)	4 (3,5)

<sup>a</sup> Idade pediátrica ≤10 anos.

Na avaliação da exposição externa a <sup>131</sup>I foram monitorizados 83 familiares/cuidadores e na exposição interna foram monitorizados 34 (Tabela 51). Apenas 4 dos familiares/cuidadores foram submetidos simultaneamente a monitorização externa e interna (Tabela 51).

**Tabela 51. Caracterização da monitorização externa e interna dos familiares/cuidadores, por instituição de saúde e tipo de terapêutica do doente**

Monitorização	Terapêutica	Instituição de Saúde n (%)		Total n (%)
		Hosp_A	Hosp_B	
Externa	CDT	22 (36,1)	39 (63,9)	61 (54,0)
	Hipertiroidismo	7 (38,9)	11 (61,1)	18 (15,9)
Interna	CDT	6 (20,0)	24 (80,0)	30 (26,6)
Externa + Interna	CDT	---	4 (100)	4 (3,5)
Total n (%)		35 (30,1)	78 (69,0)	113 (100)

### 6.3.2 Análise da exposição externa nos familiares/cuidadores

Dos 83 familiares/cuidadores com monitorização da exposição externa 49 (59,0%) são homens e 34 (41,0%) são mulheres.

Para verificar se existe alguma relação entre o tipo de patologia do doente e a dose de exposição externa dos familiares/cuidadores procedeu-se a uma análise fragmentada entre a amostra dos doentes com CDT e hipertiroidismo que participarem na avaliação da exposição externa e os familiares/cuidadores.

Os doentes com CDT têm uma idade média ± DP de 48,6 ±15,3 anos, um IMC médio ± DP de 26,1 ± 5,5 Kg.m<sup>-2</sup>, sendo que a atividade média ± DP de <sup>131</sup>I administrada foi de 3369,6 ± 1065,3 MBq (91,1 ± 28,8 mCi), com um débito de dose efetiva médio ± DP de 9,6 ± 6,4 µSv.h<sup>-1</sup> (Tabela 52).

Os doentes com hipertireoidismo, por sua vez, têm uma idade média  $\pm$  DP de 57,4  $\pm$  19,9 anos e um IMC médio  $\pm$  DP de 26,8  $\pm$  3,7 Kg.m<sup>-2</sup>, com uma atividade média  $\pm$  DP de <sup>131</sup>I administrada de 365,4  $\pm$  101,6 MBq (91,1  $\pm$  9,9 mCi) e um débito de dose efetiva médio  $\pm$  DP de 20,9  $\pm$  5,4  $\mu$ Sv.h<sup>-1</sup> (Tabela 52). Os doentes com CDT têm uma média de idade mais jovem comparativamente aos doentes com hipertireoidismo.

**Tabela 52. Caracterização da idade, IMC, atividade terapêutica de <sup>131</sup>I e débito de dose efetiva, dos doentes de CDT e hipertireoidismo que contribuíram na avaliação da exposição externa dos seus familiares/cuidadores**

		Idade (anos)	IMC (Kg.m <sup>-2</sup> )	Atividade Terapêutica <sup>131</sup> I (MBq)	Débito de dose efetiva a 1 metro distância ( $\mu$ Sv.h <sup>-1</sup> )
<b>Doentes CDT</b>	<b>Média</b>	48,6	26,1	3369,6	9,6
	<b>Mediana</b>	49,0	25,0	3700,0	9,0
	<b>Desvio Padrão</b>	15,3	5,5	1065,3	6,4
	<b>Mínimo</b>	7	15,3	1110,0	1,0
	<b>Máximo</b>	72	41,4	5920,0	28,0
<b>Total n(%)</b>	<b>c/resposta</b>	57 (100)	53 (93,0)	57 (100)	57 (100)
	<b>s/resposta</b>	0	4 (7,0)	0	0
<b>Doentes Hiper</b>	<b>Média</b>	57,4	26,8	365,4	20,9
	<b>Mediana</b>	58,0	27,6	370,0	20,0
	<b>Desvio Padrão</b>	19,9	3,7	101,6	5,4
	<b>Mínimo</b>	20,0	20,0	185,0	10,0
	<b>Máximo</b>	82,0	32,9	555,0	30,0
<b>Total n(%)</b>	<b>c/resposta</b>	11 (100)	10 (100)	11 (100)	11 (100)
	<b>s/resposta</b>	0	1 (9,1)	0	0

A relação entre a atividade de <sup>131</sup>I administrada aos doentes e o equivalente de dose nos familiares/cuidados é de relevo, já que poderá alterar as restrições sugeridas aos doentes.

O  $H_p(d)$  é uma medida de dose que pode ser calculada a diferentes profundidades. Como tal, os valores de  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(0,07)_{\text{max}}$ ,  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  passam a ser analisados individualmente.

Os 83 familiares/cuidadores estiveram expostos a um  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$  médio  $\pm$  DP de 0,18  $\pm$  0,45 mSv, mediana de 0,08 mSv, com um máximo de 3,33 mSv. Quanto ao  $H_p(0,07)_{\text{max}}$  tiveram uma média  $\pm$  DP de 0,27  $\pm$  0,59 mSv e um máximo de 4,40 mSv (Tabela 53). No  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  estiveram expostos a um valor médio  $\pm$  DP de 0,19  $\pm$  0,46 mSv, mediana de 0,08 mSv, com um máximo de 3,37 mSv. Quanto ao  $H_p(10)_{\text{max}}$  tiveram uma média  $\pm$  DP de 0,28  $\pm$  0,63 mSv e um máximo de 4,65 mSv (Tabela 53).

**Tabela 53. Caracterização do  $H_p(0,07)$  e  $H_p(10)$ , dos familiares/cuidadores**

		$H_p(0,07)$ (mSv)		$H_p(10)$ (mSv)	
		Efetivo	Máximo	Efetivo	Máximo
	<b>Média</b>	0,18	0,27	0,19	0,28
	<b>Mediana</b>	0,08	0,12	0,08	0,12
	<b>Desvio Padrão</b>	0,45	0,59	0,46	0,63
	<b>Mínimo</b>	0	0	0	0
	<b>Máximo</b>	3,33	4,40	3,37	4,65
<b>Total n (%)</b>	<b>c/resposta</b>	83 (73,5)	83 (73,5)	83 (73,5)	83 (73,5)
	<b>s/resposta</b>	30 (26,5)	30 (26,5)	30 (26,5)	30 (26,5)

Existe evidência ( $p < 0,01$ ) de uma correlação muito forte entre  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(0,07)_{\text{max}}$  ( $\rho_{\text{sp}}^* = 0,978$ ) e entre  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\rho_{\text{sp}}^* = 0,977$ ) (Tabela 54).

**Tabela 54. Relação entre o  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$  vs  $H_p(0,07)_{\text{max}}$  e  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  vs  $H_p(10)_{\text{max}}$**

Variáveis		Valores observáveis	Interpretação estatística
$H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$H_p(0,07)_{\text{max}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = 0,978$ $p < 0,01$ $n = 83$	<b>Correlação muito forte, estatisticamente significativa</b>
$H_p(10)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$H_p(10)_{\text{max}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = 0,977$ $p < 0,01$ $n = 83$	

\*  $\rho$  de Spearman

No contexto da atividade administrado aos doentes, verificou-se evidência de uma correlação negativa moderada entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada aos doentes e o  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(0,07)_{\text{max}}$ ,  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  dos familiares/cuidadores (Tabela 55).

Enquanto débito de dose efetiva fez-se a mesma análise entre o débito de dose efetiva a 1 metro nos doentes e o  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(0,07)_{\text{max}}$ ,  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  dos familiares/cuidadores, verificando-se uma correlação desprezável sem evidência estatística (Tabela 56).



**Tabela 55. Relação entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada aos doentes (Hiper + CDT) e o  $H_p(0,07)$  e  $H_p(10)$  dos familiares/cuidadores**

Variáveis	Atividade $^{131}\text{I}$ administrada (MBq)	
	Valores observáveis	Interpretação estatística
$H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,450$ $p < 0,01$ $n = 83$	<b>Correlação negativa moderada, estatisticamente significativa</b>
$H_p(0,07)_{\text{max}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,424$ $p < 0,01$ $n = 83$	
$H_p(10)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,450$ $p < 0,01$ $n = 83$	
$H_p(10)_{\text{max}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,423$ $p < 0,01$ $n = 83$	

\* ró de Spearman

**Tabela 56. Relação entre o débito de dose efetiva dos doentes com CDT e o  $H_p(0,07)$  e  $H_p(10)$  dos familiares/cuidadores**

Variáveis	Débito de dose efetiva ( $\text{Kg.m}^{-2}$ )	
	Valores observáveis	Interpretação estatística
$H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = 0,169$ $p = 0,178$ $n^b = 65$	Correlação desprezável, estatisticamente não significativa.
$H_p(0,07)_{\text{max}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = 0,179$ $p = 0,154$ $n^b = 65$	
$H_p(10)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = 0,171$ $p = 0,173$ $n^b = 65$	
$H_p(10)_{\text{max}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = 0,183$ $p = 0,144$ $n^b = 65$	

\* ró de Spearman; <sup>b</sup> Doentes de CDT.

### 6.3.2.1 Análise da exposição externa global

Efetuada a análise da exposição externa em função da idade dos doentes, verifica-se que os familiares/cuidadores com idade <60 anos e ≥60 anos estiveram expostos a um  $H_p(0,07)$  <1,0 mSv (Figura 74 e Figura 75) e  $H_p(10)$  <4,7 mSv (Figura 76 e Figura 77)

No entanto, a mediana dos valores  $H_p(0,07)$  e  $H_p(10)$  nos familiares/cuidadores dos doentes de hipertireoidismo é superior ao dos familiares/cuidadores dos doentes de CDT (Figura 74, Figura 75, Figura 76 e Figura 77).

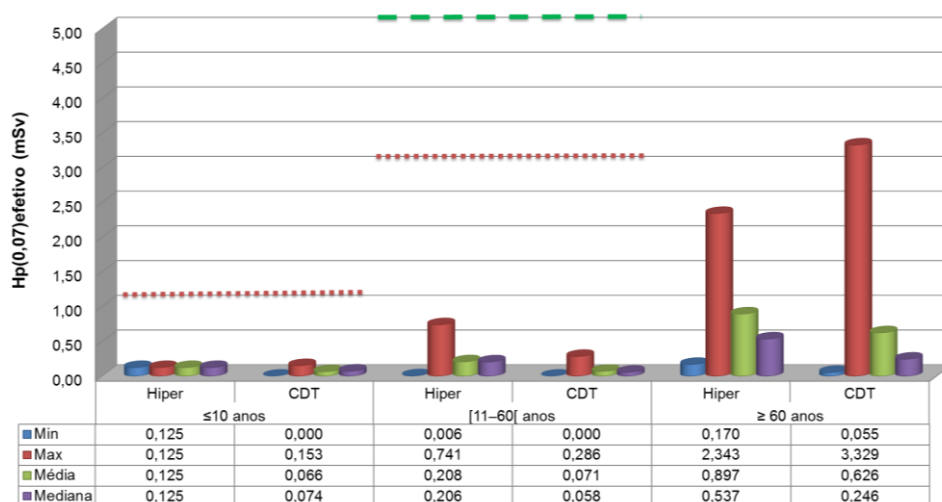


Figura 74.  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$  nos familiares/cuidadores por classes etárias (idade grupo\_10) e por tipo de terapêutica

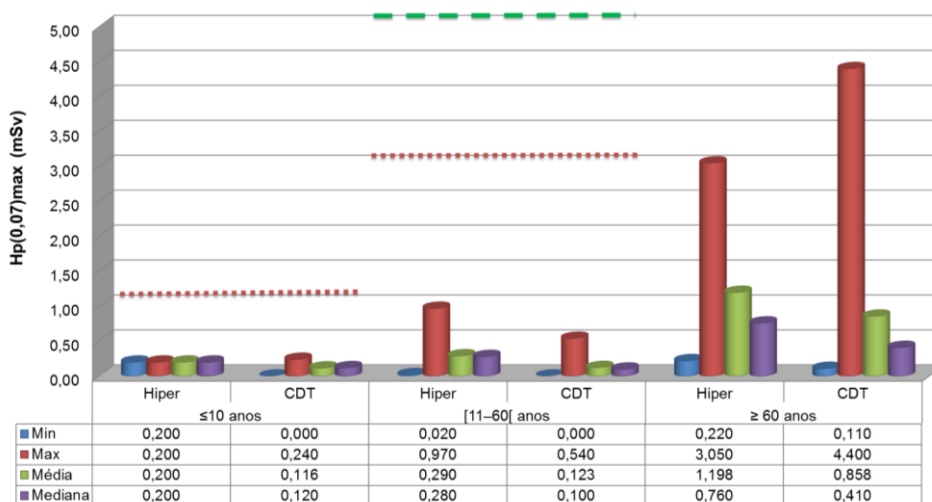


Figura 75.  $H_p(0,07)_{\text{max}}$  nos familiares/cuidadores por classes etárias (idade grupo\_10) e por tipo de terapêutica

Assumindo por excesso, os valores de  $H_p$  máximos a que os familiares/cuidadores pudessem estar expostos, para a respetiva idade, nenhum alcançou o limite de restrição de dose recomendado em Portugal (...) e pela ICRP (---) (2004) (Figura 75 e Figura 77).

A análise entre os graus de parentesco, o tipo de terapêutica e os valores de  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(0,07)_{\text{max}}$ ,  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  (Figura 78, Figura 79, Figura 80 e Figura 81), a que os familiares/cuidadores estiveram expostos revela que com o

mesmo grau de parentesco os familiares/cuidadores dos doentes de hipertireoidismo têm valores de  $H_p$  superior comparativamente aos dos familiares/cuidadores dos doentes de CDT.

Os dois cônjuges que têm os valores do equivalente de dose mais altos têm idade  $\geq 60$  anos.

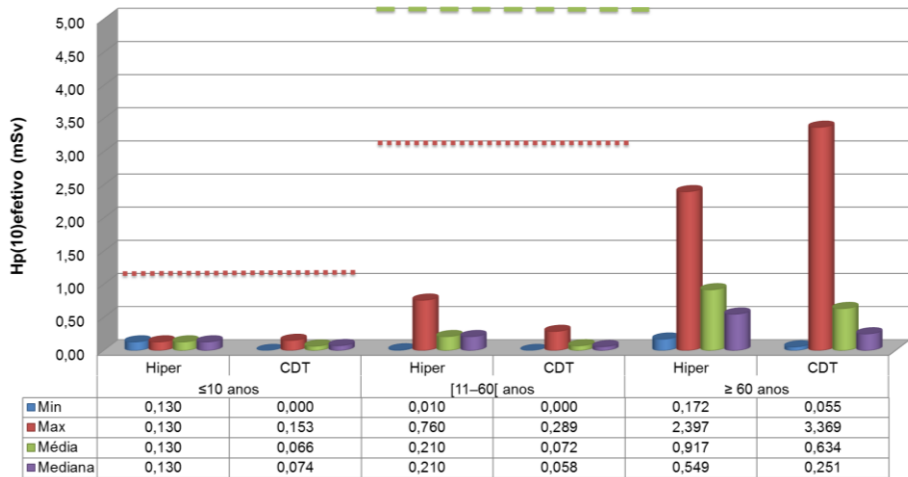


Figura 76.  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  nos familiares/cuidadores por classes etárias (idade grupo\_10) e por tipo de terapêutica

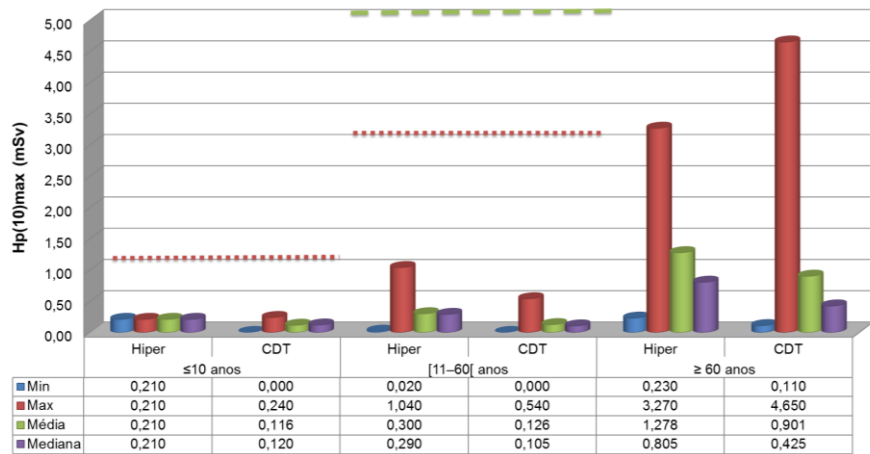


Figura 77.  $H_p(10)_{\text{max}}$  nos familiares/cuidadores por classes etárias (idade grupo\_10) e por tipo de terapêutica

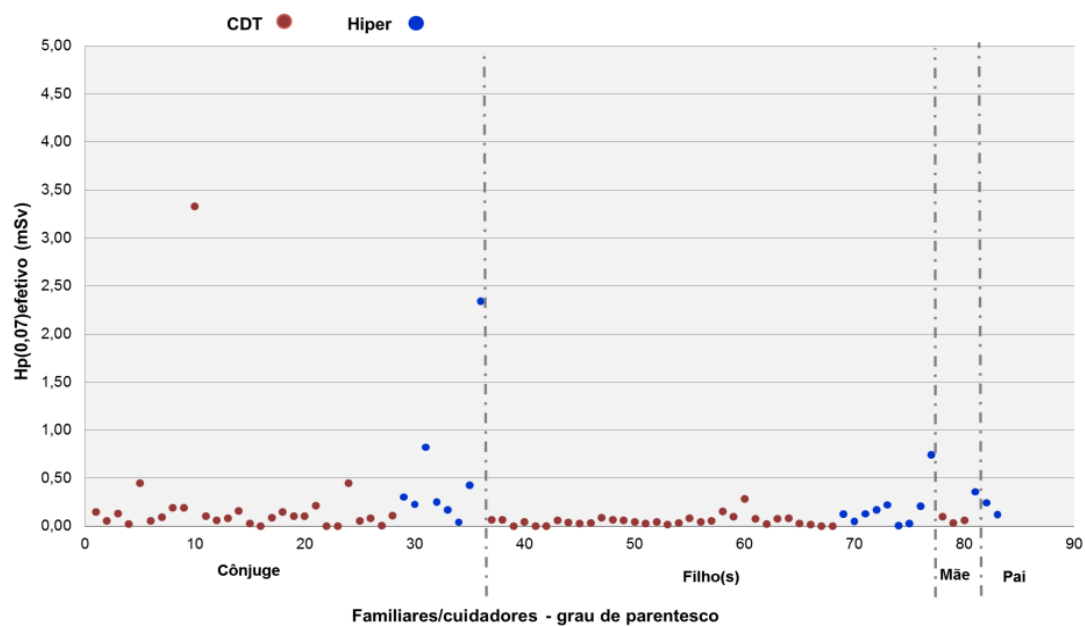


Figura 78. Variação do  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$  em função do grau de parentesco dos familiares/cuidadores

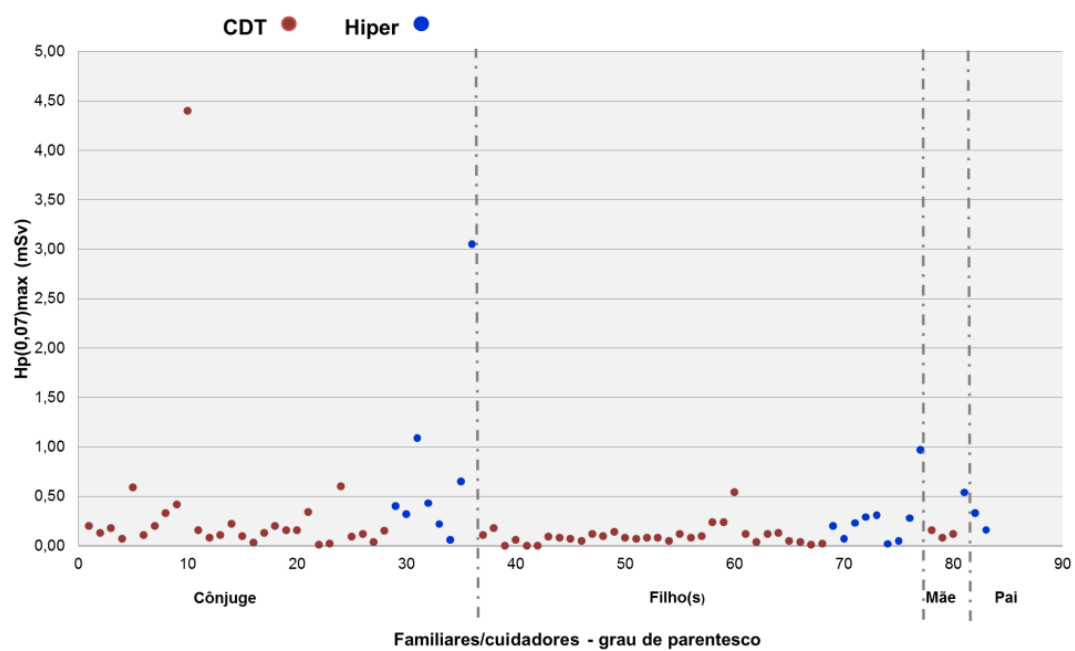
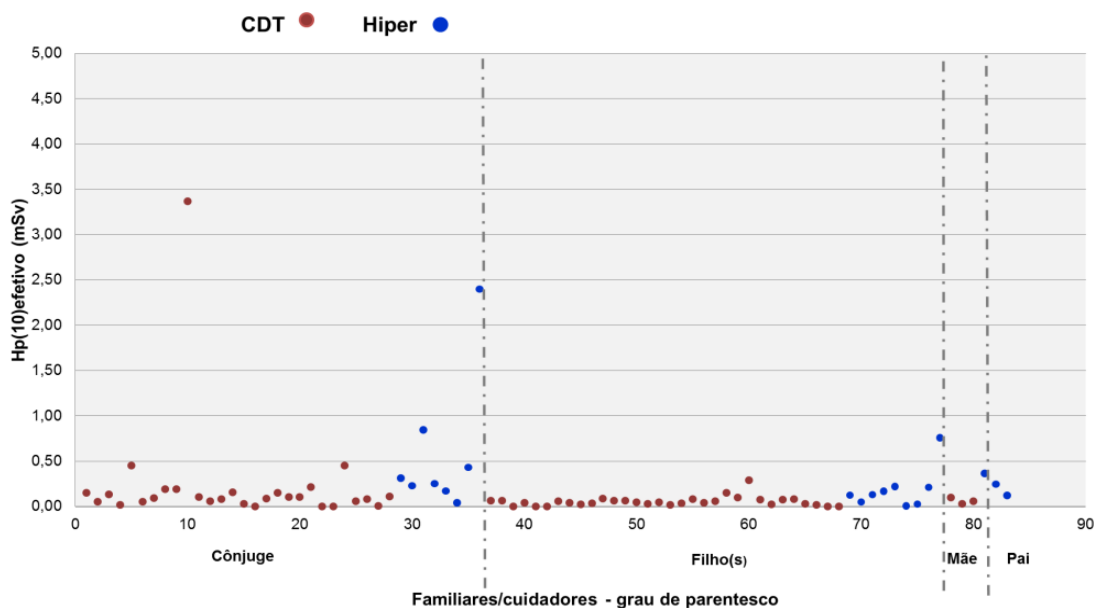
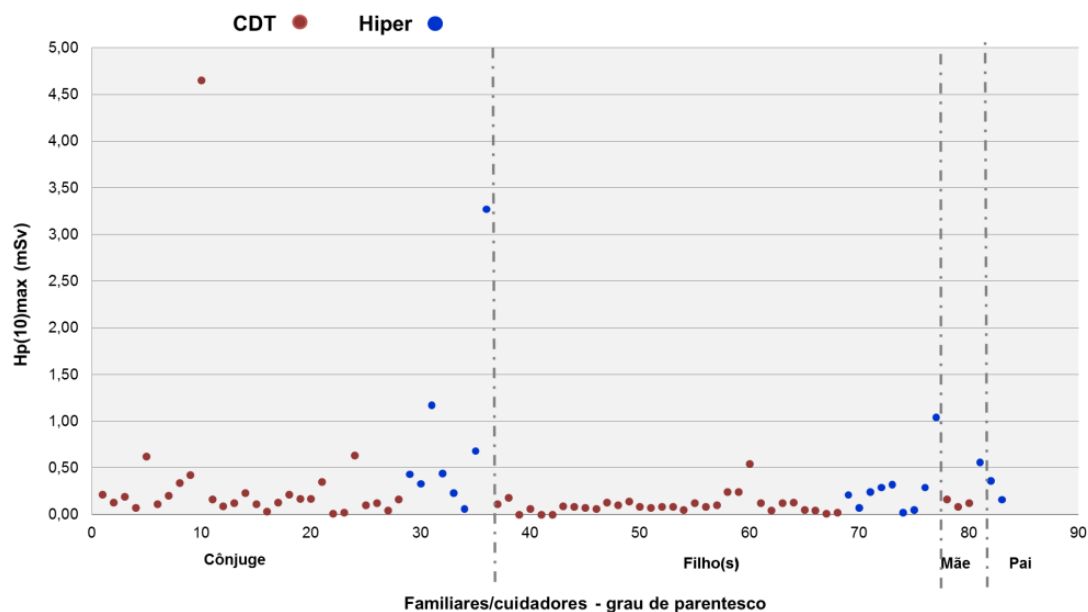


Figura 79. Variação do  $H_p(0,07)_{\text{max}}$  em função do grau de parentesco dos familiares/cuidadores



**Figura 80. Variação do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  em função do grau de parentesco dos familiares/cuidadores**



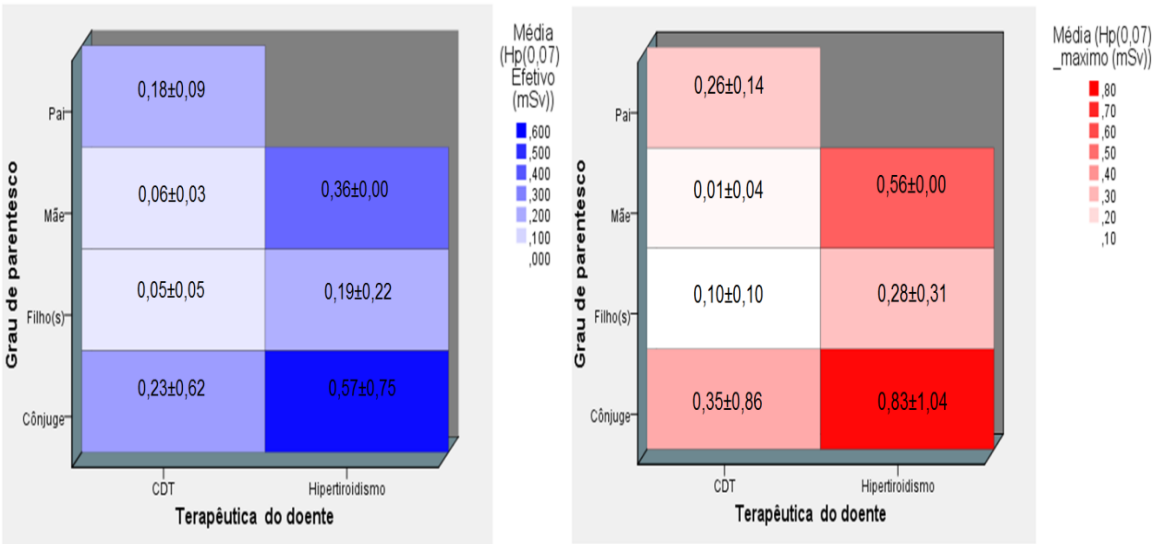
**Figura 81. Variação do  $H_p(10)_{\text{max}}$  em função do grau de parentesco dos familiares/cuidadores**

No mapa de valores médios de  $H_p(0,07)$  (Figura 82) e  $H_p(10)$  (Figura 83) constata-se quantitativamente que os valores  $H_p(0,07)$  e  $H_p(10)$  nos familiares/cuidadores dos doentes submetidos a terapêutica para hipertireoidismo é superior relativamente aos valores familiares/cuidadores dos doentes submetidos a terapêutica para CDT.

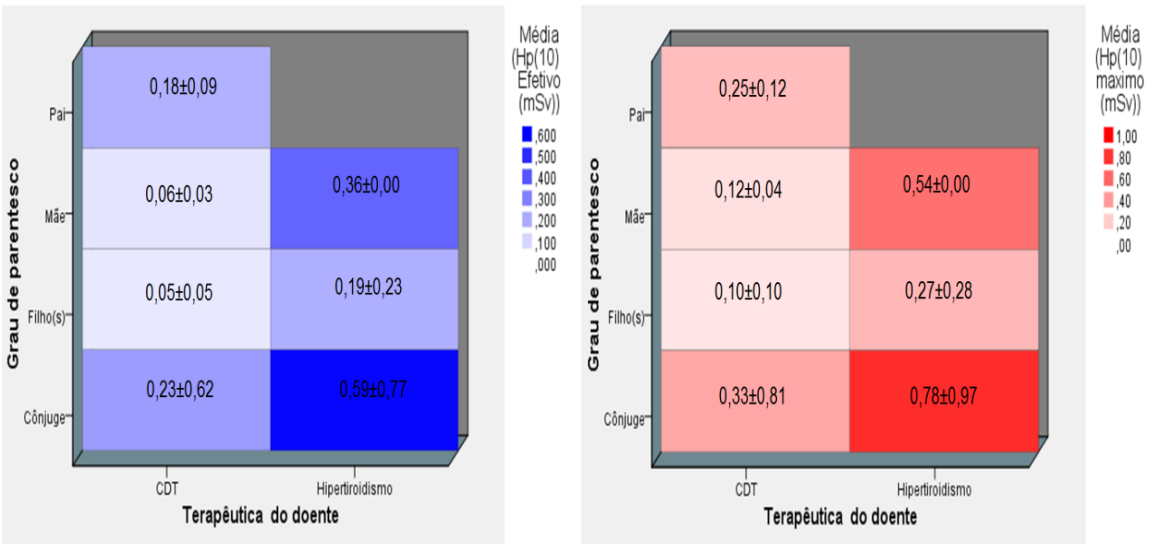
Respeitante ao grau de parentesco, os cônjuges dos doentes submetidos a terapêutica para hipertireoidismo são os que apresentam valores médios de  $H_p(0,07)$  e

$H_p(10)$  mais elevados, relativamente aos outros graus de parentesco (Figura 82 e Figura 83).

Os filhos são os que apresentam valores médios de  $H_p(0,07)$  (Figura 82) e  $H_p(10)$  mais baixos (Figura 83).



**Figura 82. Mapa dos valores médios do  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(0,07)_{\text{max}}$  (mSv) em função do grau de parentesco e do tipo de terapêutica**



**Figura 83. Mapa dos valores médios do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  (mSv) em função do grau de parentesco e do tipo de terapêutica**

Seguidamente procede-se à análise comparativa e relacional entre variáveis que possam fundamentar e consolidar respostas aos objetivos propostos.

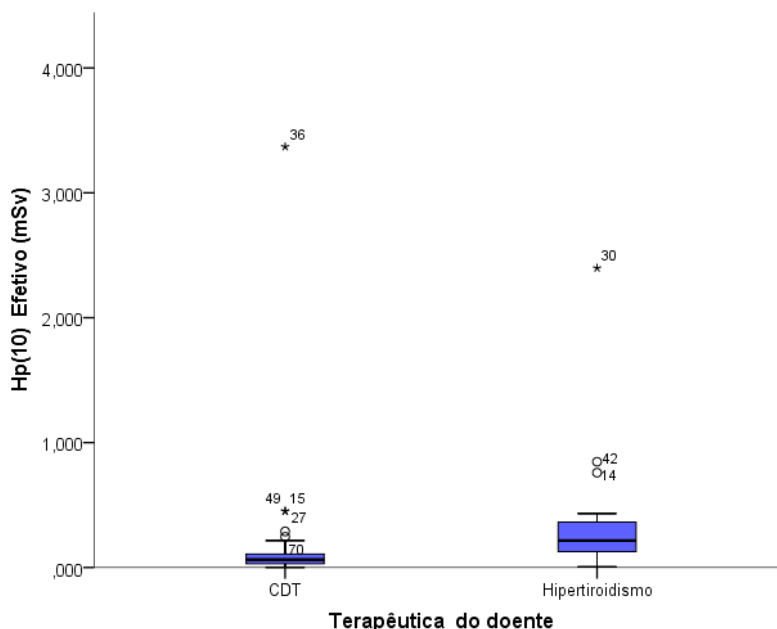
AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO DO  $H_p(0,07)$  E  $H_p(10)$  DOS FAMILIARES/CUIDADORES EM FUNÇÃO DO TIPO DE TERAPÊUTICA

As atividades terapêuticas recomendadas em contexto de hipertireoidismo e CDT são significativamente diferentes. As restrições também variam em função da atividade terapêutica realizada pelo doente. Estas diferenças podem refletir-se ou não nas doses de exposição dos familiares/cuidadores.

Analizados os valores do  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$ , evidenciam que a distribuição entre os familiares/cuidadores não é a mesma ( $U = 265,0$ ;  $W = 2410,0$ ;  $p < 0,001$ ) relativamente à terapêutica que o doente realizou.

O ponto médio de  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  nos familiares/cuidadores dos doentes de hipertireoidismo é superior relativamente aos dos familiares/cuidadores dos doentes de CDT.

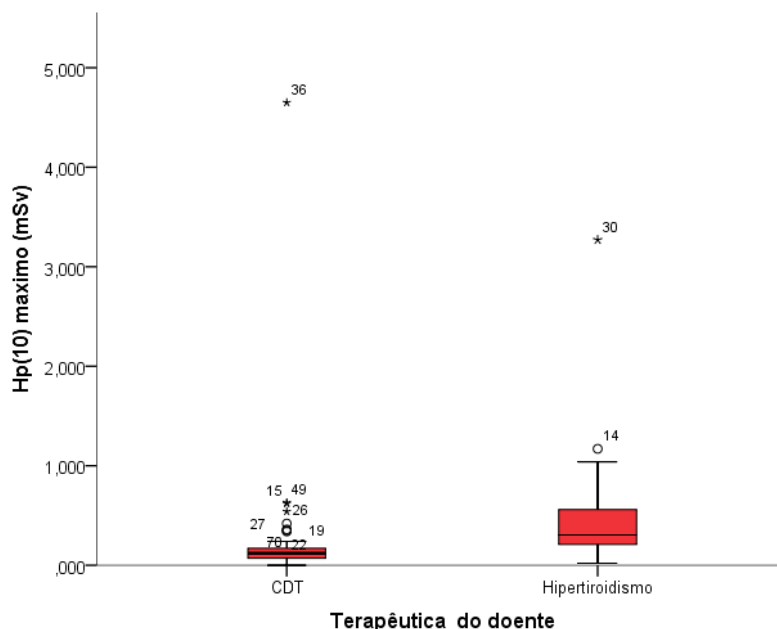
Quanto aos valores de  $H_p(0,07)_{\text{max}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$ , o mesmo se reconhece quanto aos valores efetivos, isto é existe evidência que a distribuição entre os familiares/cuidadores dos doentes não é a mesma relativamente à terapêutica para CDT e hipertireoidismo ( $U = 290,0$ ;  $W = 2435,0$ ;  $p = 0,001$ ), sendo o ponto médio nos doentes com hipertireoidismo superior aos dos doentes com CDT.



**Figura 84. Variação do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  dos familiares/cuidadores por tipo de terapêutica realizada ao doente**

Esta análise indica que a equivalente de dose efetiva e máximo estimado não é a mesma entre os familiares/cuidadores dos doentes que realizaram distintas

terapêuticas. Apresenta-se graficamente na Figura 84 e Figura 85 a variação da  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  dos familiares/cuidadores, respetivamente, por tipo de terapêutica realizada pelo doente.



**Figura 85. Variação do  $H_p(10)_{\text{max}}$  dos familiares/cuidadores por tipo de terapêutica realizada ao doente**

Nas Figura 84 e Figura 85 observa-se que existem três familiares/cuidadores com valores de  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  superiores aos restantes familiares/cuidadores. Refere-se que o familiar/cuidador com identificação 36, do grupo dos doentes que realizaram terapêutica para CDT, a doente (idade >60 anos) apresentava limitação de mobilidade e deslocava-se numa cadeira de rodas o que implicava que o seu cônjuge (idade >60 anos) enquanto familiar/cuidador tinha constantemente uma proximidade e contacto para auxiliar na mobilidade da doente. Já no grupo dos doentes que realizaram terapêutica para hipertiroidismo, os doentes dos dois familiares/cuidadores com identificação 14 e 30 tinham idade pediátrica.

#### AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE O IMC DOS DOENTES E O $H_p(0,07)$ E $H_p(10)$

O IMC e a exposição externa nos familiares/cuidadores são duas variáveis que devem de ser analisadas conjuntamente.



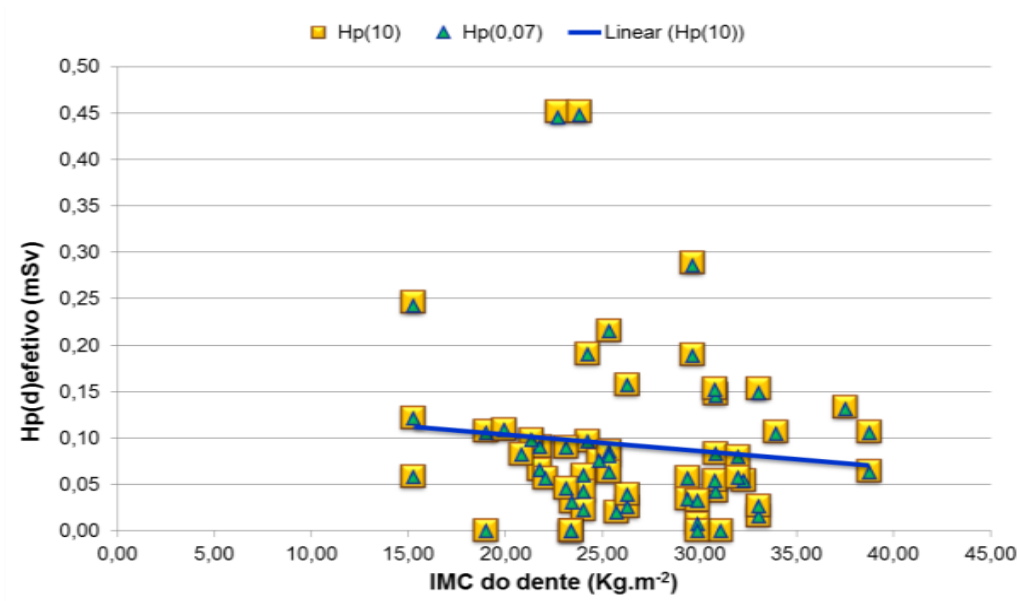
Analisada a correlação de *Spearman* entre o IMC dos doentes e a dose de exposição externa a que os familiares/cuidadores estiveram expostos, há uma correlação negativa desprezável, estatisticamente não significativa entre o IMC e a  $H_p(0,07)$  e  $H_p(10)$ , efetiva e máximo estimado, conforme apresentado na Tabela 57 e graficamente na Figura 86 e Figura 87.

Estes resultados levam-nos a induzir que a exposição externa a que os familiares/cuidadores estão expostos é tanto menor quanto maior for o IMC do doente.

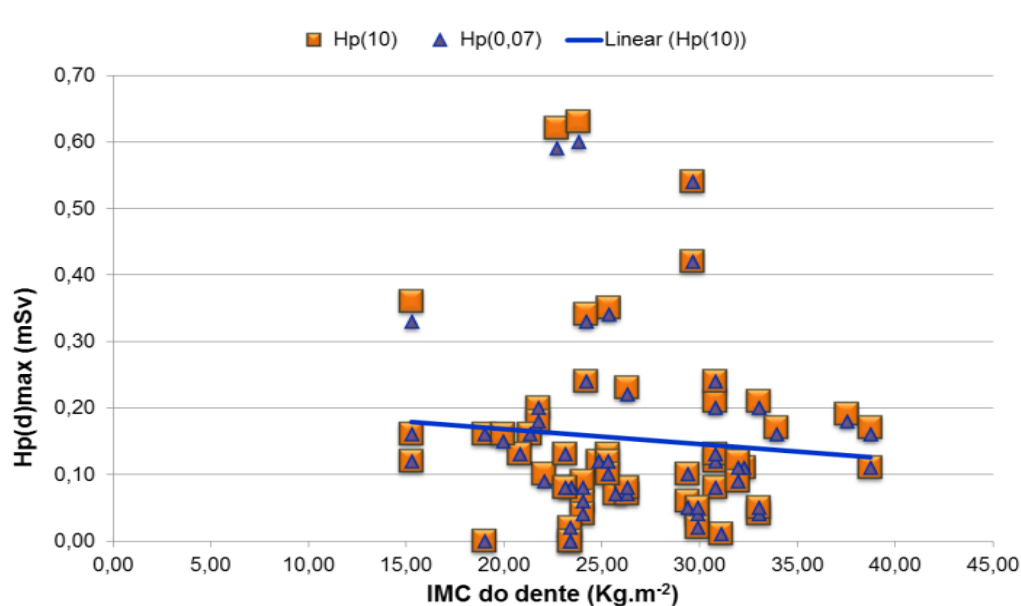
**Tabela 57. Relação entre o IMC dos doentes, com CDT e hipertireoidismo, e o  $H_p(0,07)$  e  $H_p(10)$  dos familiares/cuidadores**

Variáveis	IMC do doente ( $\text{Kg.m}^{-2}$ )	
	Valores observáveis	Interpretação estatística
$H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,105$ $p = 0,379$ $n = 72$	Correlação negativa desprezável, estatisticamente não significativa
$H_p(0,07)_{\text{max}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,129$ $p = 0,279$ $n = 72$	
$H_p(10)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,106$ $p = 0,377$ $n = 72$	
$H_p(10)_{\text{max}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,123$ $p = 0,305$ $n = 72$	

\* ró de *Spearman*



**Figura 86. Relação linear do IMC dos doentes e o  $H_p(d)_{\text{efetivo}}$  dos familiares/cuidadores, para  $d = 0,07$  mm e  $d = 10$  mm**



**Figura 87. Relação linear do IMC dos doentes e o  $H_p(d)_{\max}$  dos familiares/cuidadores, para  $d = 0,07$  mm e  $d = 10$  mm**

COMPARAÇÃO O  $H_p(0,07)$  E  $H_p(10)$  DE CRIANÇAS E ADULTOS QUE COABITEM COM OS DOENTES NO PERÍODO DE TRÊS SEMANAS, APÓS ALTA HOSPITALAR

As crianças e adultos têm níveis de radiosensibilidade diferentes, o que justifica a existência de limites de exposição ajustados à idade. Nas restrições indicadas aos doentes assinala-se o reforço dos cuidados a terem na presença de crianças e grávidas.

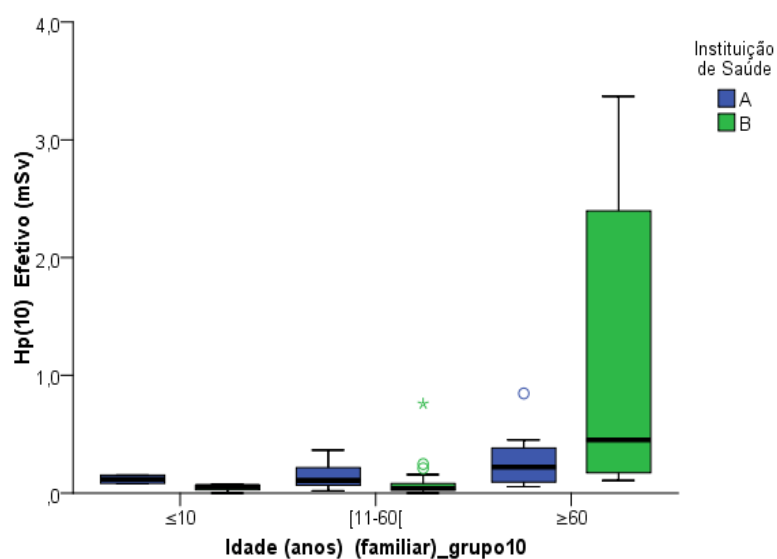
Em contexto da amostra estudada, existe a evidência da distribuição das  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(0,07)_{\max}$ ,  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\max}$  não ser a mesma entre as classes etárias dos familiares/cuidadores (Tabela 58).

A Figura 88 e Figura 89 apresentam os gráficos de variação entre o  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(10)_{\max}$ , respetivamente, e a classe etária dos familiares/cuidadores nas duas instituições de saúde. Na análise gráfica, verifica-se um “comportamento” muito idêntico entre os valores de  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e o  $H_p(10)_{\max}$ .

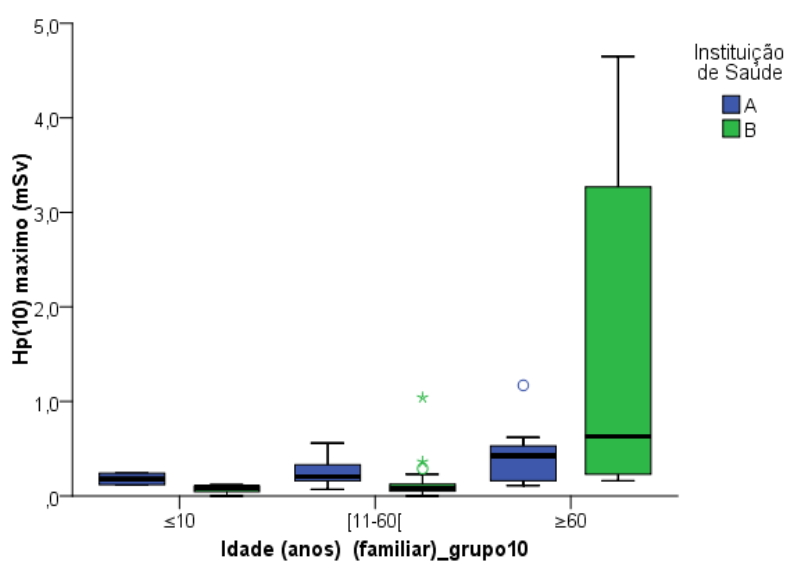
Observa-se que o valor mais elevado de  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  é de 3,37 mSv e corresponde a um familiar/cuidador com idade  $\geq 60$  anos. O limite de dose para familiar/cuidador com idade  $\geq 60$  anos é de 15 mSv/episódio terapêutico, o que indica que o valor de  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  mais elevado na amostra estudada não atingiu o limite estipulado.

**Tabela 58. Comparação de distribuição do  $H_p(0,07)$  e  $H_p(10)$  (mSv) nas categorias etárias das crianças e dos adultos**

Variáveis		Classes etárias (anos)	
		$\leq 10$ ; [11-60[; $\geq 60$	<18; [18-60[; $\geq 60$
$H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\chi^2_{\text{KW}}(2)$	15,6	16,6
	valor $p$	< 0,01	< 0,01
$H_p(0,07)_{\text{max}}$ (mSv)	$\chi^2_{\text{KW}}(2)$	17,3	18,2
	valor $p$	< 0,01	< 0,01
$H_p(10)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\chi^2_{\text{KW}}(2)$	15,6	16,6
	valor $p$	< 0,01	< 0,01
$H_p(10)_{\text{max}}$ (mSv)	$\chi^2_{\text{KW}}(2)$	17,1	18,0
	valor $p$	< 0,01	< 0,01



**Figura 88. Variação do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  por classe etária do familiar/cuidador, por instituição de saúde**



**Figura 89. Variação do  $H_p(10)_{\text{max}}$  por classe etária do familiar/cuidador, por instituição de saúde**

Na classe etária [11 – 60[ anos a variação de  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e o  $H_p(10)_{\text{max}}$  é maior no Hosp\_A relativamente ao Hosp\_B; já na classe etária  $\geq 60$  anos a variação é superior no Hosp\_B relativamente ao Hosp\_A (Figura 88 e Figura 89).

O sexo do doente pode condicionar o  $H_p(10)$  dos familiares/cuidadores, devido a comportamentos de proximidade que possam existir. Apresenta-se como exemplo os agregados familiares que tinham crianças com idade  $\leq 10$  anos. No caso de familiares com idade  $\leq 10$  anos observa-se (Tabela 59) que o valor do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  é de 0 mSv se o doente for homem. No entanto para os familiares na mesma faixa etária, sendo o doente mulher os valores de  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  variam entre 0,06 a 0,15 mSv e 0,09 a 0,24 mSv, respetivamente.

Os dados que se seguem vejam-se como estudos de caso.

**Tabela 59. Apreciação do  $H_p(10)$  em crianças com idade  $\leq 10$  anos, em função do sexo do doente**

Sexo (doente)	$H_p(10)$ (mSv)	Idade (anos) (familiar/cuidador)					Total n (%)
		1,5	5,0	6,0	9,0	10,0	
Homem	0,00	0	0	1	0	1	2 (33,3)
Mulher	0,06	0	0	1	0	0	1 (16,7)
	0,07	0	0	0	1	0	1 (16,7)
	$H_p(10)_{\text{efetivo}}$ 0,08	0	1	0	0	0	1 (16,7)
	0,10	0	0	0	0	1	1 (16,7)
	0,13	0	0	0	0	1	1 (16,7)
	0,15	1	0	0	0	0	1 (16,7)
	<b>Total</b>	1 (16,7)	1 (16,7)	2 (33,3)	1 (16,7)	3 (37,5)	8 (100)
Homem	0,00	0	0	1	0	1	2 (33,3)
Mulher	0,09	0	0	1	0	0	1 (16,7)
	$H_p(10)_{\text{max}}$ 0,12	0	1	0	1	0	2 (33,3)
	0,21	0	0	0	0	1	1 (16,7)
	0,24	1	0	0	0	1	2 (33,3)
	<b>Total n (%)</b>	1 (16,7)	1 (16,7)	2 (33,3)	1 (16,7)	3 (37,5)	8 (100)

AVERIGUAR SE EXISTE RELAÇÃO ENTRE A EXPOSIÇÃO A <sup>131</sup>I DOS FAMILIARES/CUIDADORES E AS NORMAS DE RESTRIÇÃO AJUSTADAS AO DOENTE.

As recomendações de proteção e segurança contra as radiações e o número de dias de restrição recomendados aos doentes têm como finalidade minimizar a exposição desnecessária dos familiares/cuidadores, membros do público e profissionais. O perfil dos doentes e familiares/cuidadores no que respeita a atitudes e comportamentos não é igual em todos, daí o interesse em averiguar se as recomendações sugeridas são as adequadas ou se estão a seguir um padrão por excesso ou por defeito.

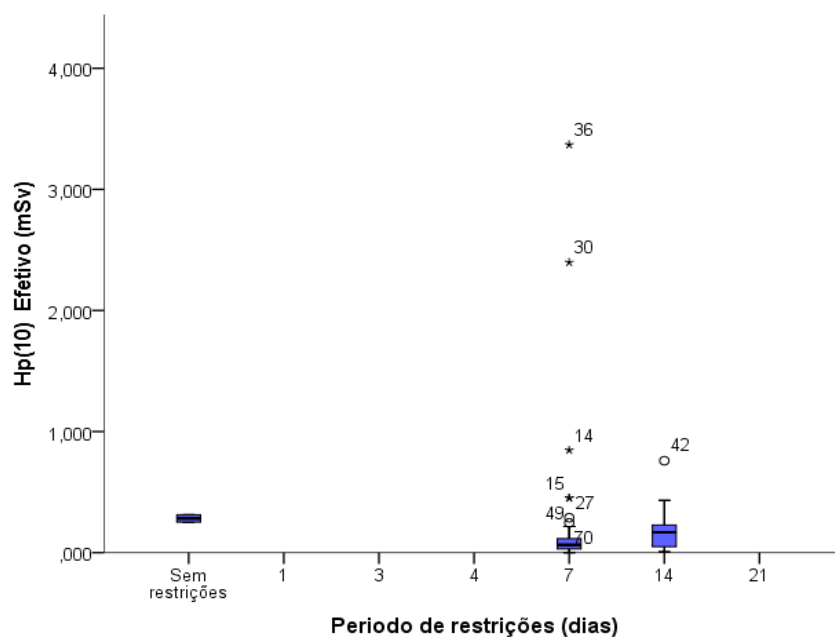
O período de restrição recomendado pelo ICRP 97 e ICRP 94 a indicar aos doentes pode variar entre os 0 e 21 dias (Comissão Europeia, 1999; European Commission, 1998; ICRP, 2004). Na amostra estudada apenas houve indicação de restrição para 7 dias, 14 dias e alguns doentes sem restrições.

Se compararmos a distribuição dos  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(0,07)_{\text{max}}$ ,  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  existe evidência que a distribuição não é a mesma entre as categorias do número de dias de restrição indicados aos doentes (Tabela 60).

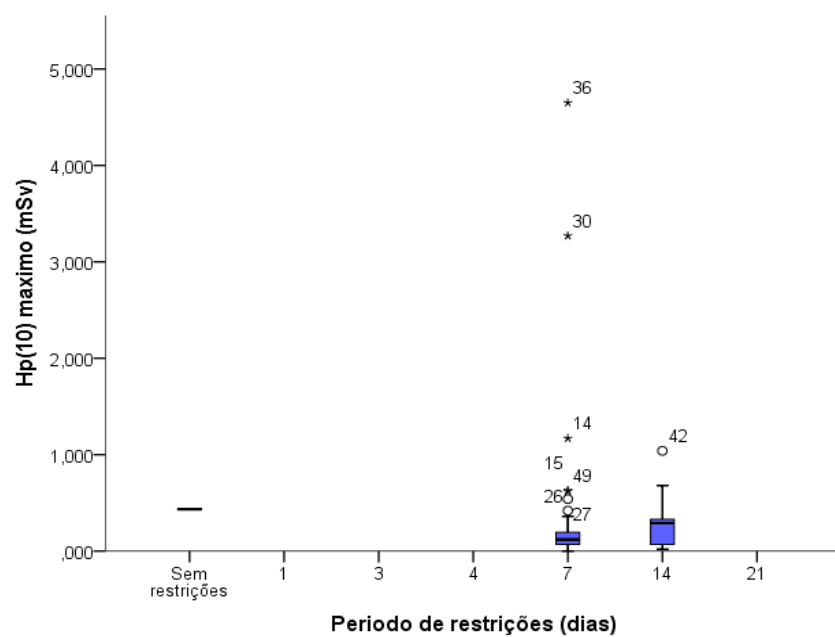
**Tabela 60. Comparação de distribuição do  $H_p(0,07)$  e  $H_p(10)$  (mSv) por dias de restrição indicados aos doentes**

Variáveis		Restrições (dias)
$H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\chi^2_{\text{KW}}(2)$	7,875
	valor $p$	$p = 0,019$
$H_p(0,07)_{\text{max}}$ (mSv)	$\chi^2_{\text{KW}}(2)$	6,647
	valor $p$	$p = 0,036$
$H_p(10)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\chi^2_{\text{KW}}(2)$	7,875
	valor $p$	$p = 0,019$
$H_p(10)_{\text{max}}$ (mSv)	$\chi^2_{\text{KW}}(2)$	6,808
	valor $p$	$p = 0,033$

As Figura 90 e Figura 91 apresentam os gráficos de variação entre  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(10)_{\text{max}}$ , respetivamente, e o período de restrição recomendado ao doente. Na análise gráfica, verifica-se que a dispersão de  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  é maior nos 7 dias de restrição.



**Figura 90. Variação do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  por dias de restrição do doente**



**Figura 91. Variação do  $H_p(10)_{\text{max}}$  por dias de restrição do doente**

### 6.3.2.2 Análise comparativa da exposição externa por instituições de saúde

A análise comparativa entra as duas instituições Hosp\_A e Hosp\_B tem como base a existência de diferentes procedimentos que nas duas instituições de saúde respeitam a legislação e *guidelines* nacionais e internacionais.

#### AVALIAR O TIPO DE TERAPÊUTICA VS ATIVIDADE TERAPÊUTICA

Existindo duas instituições e com algumas diferenças na norma para calcular a atividade a administrar aos doentes, é importante realizar a análise entre o Hosp\_A e Hosp\_B e o tipo de terapêutica.

Com base nos resultados da Tabela 61, observa-se que os doentes que realizaram terapêutica para CDT: no Hosp\_A foi administrada uma atividade média de  $3216,5 \pm 953,3$  MBq ( $86,9 \pm 25,8$  mCi) e no Hosp\_B uma atividade média de  $3582,0 \pm 1132,6$  MBq ( $96,8 \pm 30,6$  mCi). Com isto ressalva-se que a etiologia da doença dos doentes tratados, em ambas as instituições, pode não ser igual.

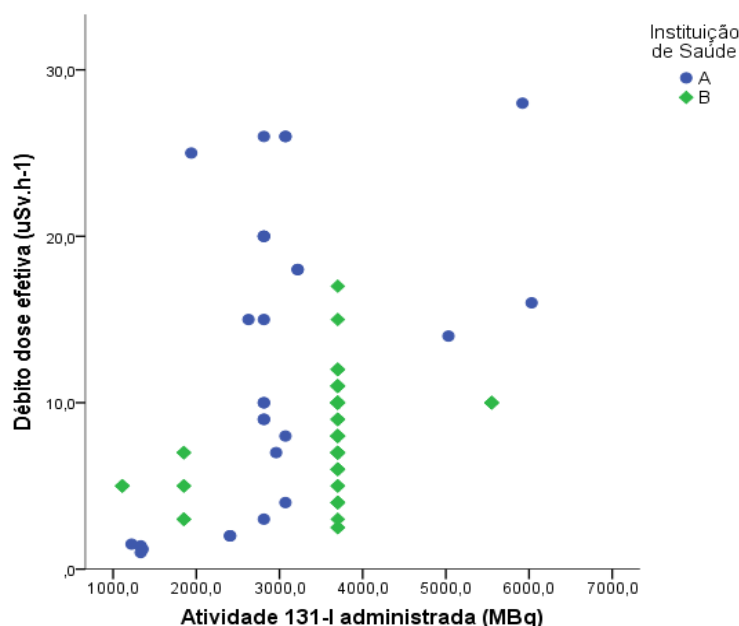
Nos doentes que realizaram terapêutica para hipertireoidismo, no Hosp\_A foi administrada uma atividade média de  $396,9 \pm 128,1$  MBq ( $10,7 \pm 3,5$  mCi) e no Hosp\_B uma atividade média de  $339,2 \pm 75,5$  MBq ( $9,2 \pm 2,0$  mCi), valores muito semelhantes em ambas as instituições.

Adicionalmente e fundamentado no descrito na metodologia, as formas de cálculo da atividade de  $^{131}\text{I}$  a administrar são diferente entre o Hosp\_A e o Hosp\_B.

**Tabela 61. Caracterização da atividade de  $^{131}\text{I}$  (MBq) administrada ao doente dos familiares/cuidadores com monitorização externa, por tipo de terapêutica, em cada instituição de saúde**

Terapêutica Instituição de Saúde n (%)	Atividade administrada (MBq (mCi))			
	CDT		Hipertireoidismo	
	Hosp_A	Hosp_B	Hosp_A	Hosp_B
<b>Média</b>	3216,5 (86,9)	3582,0 (96,8)	396,9 (10,7)	339,2 (9,2)
<b>Mediana</b>	2812,0 (67,9)	3700,0 (100,0)	351,5 (9,5)	370,0 (10,0)
<b>Desvio Padrão</b>	953,3 (25,8)	1132,6 (30,6)	128,1 (3,5)	75,5 (2,0)
<b>Mínimo</b>	2405,0 (65,0)	1110,0 (30,0)	282,3 (7,6)	185,0 (5,0)
<b>Máximo</b>	5920,0 (160,0)	5550,0 (150,0)	555,0 (15,0)	370,0 (10,0)

Na Figura 92 observa-se a variação da atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada e o débito de dose a 1 metro, entre o Hosp\_A e o Hosp\_B.



**Figura 92. Relação entre a atividade administrada e o débito de dose a 1 metro, por instituição de saúde, em doentes com CDT**

A forma de cálculo das instituições de saúde é diferente, como referido no capítulo da metodologia. O Hosp\_A faz o cálculo da atividade terapêutica personalizada e o Hosp\_B calcula a atividade terapêutica baseando-se no fator de risco do doente. Na Figura 92 pode-se verificar esta variação de cálculo.

No Hosp\_A existe evidência de uma correlação negativa moderada estatisticamente significativa entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada aos doentes e o  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(0,07)_{\text{max}}$ ,  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  dos familiares/cuidadores (Tabela 62).

No entanto no Hosp\_B não existe evidência de uma correlação negativa moderada estatisticamente não significativa entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada aos doentes e o  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(0,07)_{\text{max}}$ ,  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  dos familiares/cuidadores (Tabela 62).

Em suma, nas duas instituições de saúde existe uma relação inversamente proporcional entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doentes e as leituras de  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(0,07)_{\text{max}}$ ,  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  dos familiares/cuidadores. No entanto, só o Hosp\_A apresenta evidência estatística desta relação. Este facto poderá estar relacionado com o método de cálculo da atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente, que difere entre o Hosp\_A e o Hosp\_B.



**Tabela 62. Comparação entre Hosp\_A e Hosp\_B, da relação entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada aos doentes e o  $H_p(0,07)$  e  $H_p(10)$  dos familiares/cuidadores**

Variáveis	Atividade administrada (MBq)		Interpretação estatística
	Hosp_A Valores observáveis	Hosp_B Valores observáveis	
$H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,482$ $p = 0,008$ $n = 29$	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,255$ $p = 0,063$ $n = 54$	Hosp_A Correlação negativa moderada, estatisticamente significativa
$H_p(0,07)_{\text{max}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,422$ $p = 0,023$ $n = 29$	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,213$ $p = 0,122$ $n = 54$	
$H_p(10)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,482$ $p = 0,008$ $n = 29$	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,255$ $p = 0,063$ $n = 54$	Hosp_B Correlação negativa moderada, estatisticamente não significativa
$H_p(10)_{\text{max}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,440$ $p = 0,017$ $n = 29$	$\rho_{\text{sp}}^* = -0,210$ $p = 0,128$ $n = 54$	

\* ró de Spearman

**Relacionar o  $H_p(0,07)$  e o  $H_p(10)$  em função do débito de dose efetiva a 1 metro de distância.**

Na análise da relação do  $H_p(0,07)$  e o  $H_p(10)$  em função do débito de dose efetiva a 1 metro de distância considera-se a amostra dos familiares/cuidadores dos doentes que realizaram terapêutica para DCT, justificação desde já apresentada anteriormente.

No Hosp\_A observa-se uma correlação desprezável estatisticamente não significativa entre o débito de dose efetiva a 1 metro nos doentes e o  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(0,07)_{\text{max}}$ ,  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  dos familiares/cuidadores (Tabela 63).

No entanto no Hosp\_B existe evidência da correlação moderada estatisticamente não significativa entre o débito de dose efetiva a 1 metro nos doentes e o  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ ,  $H_p(0,07)_{\text{max}}$ ,  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$  dos familiares/cuidadores (Tabela 63).

**Tabela 63. Comparação entre Hosp\_A e Hosp\_B, da relação entre o débito de dose efetiva dos doentes com CDT e o  $H_p(0,07)$  e  $H_p(10)$  dos familiares/cuidadores**

Variáveis	Débito de dose efetiva ( $\text{Kg.m}^{-2}$ )		Interpretação estatística
	Hosp_A Valores observáveis	Hosp_B Valores observáveis	
$H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = 0,197$ $p = 0,306$ $n = 29$	$\rho_{\text{sp}}^* = 0,284$ $p = 0,038$ $n = 54$	Hosp_A Correlação desprezável, estatisticamente não significativa.
$H_p(0,07)_{\text{max}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = 0,070$ $p = 0,718$ $n = 29$	$\rho_{\text{sp}}^* = 0,298$ $p = 0,028$ $n = 54$	
$H_p(10)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = 0,197$ $p = 0,306$ $n = 29$	$\rho_{\text{sp}}^* = 0,284$ $p = 0,038$ $n = 54$	Hosp_B Correlação moderada, estatisticamente não significativa
$H_p(10)_{\text{max}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^* = 0,090$ $p = 0,644$ $n = 29$	$\rho_{\text{sp}}^* = 0,301$ $p = 0,027$ $n = 54$	

\* ró de Spearman

### 6.3.3 Avaliação da exposição interna nos familiares/cuidadores

A análise da exposição interna incide nos familiares/cuidadores dos doentes que realizaram terapêutica para CDT.

Assim, foram monitorizados 34 familiares/cuidadores, 6 (17,6%) do Hosp\_A e 28 (82,4%) do Hosp\_B: de um total de 22 doentes, 6 (27,3%) são do Hosp\_A e 16 (72,7%) do Hosp\_B.

A amostra dos 22 doentes é constituída por 15 (68,2%) mulheres e 7 (31,8%) homens, na proporção de 2,1 mulheres para 1 homem, com uma idade média  $\pm$  DP de  $48,1 \pm 16,5$  anos e com um IMC médio  $\pm$  DP de  $25,5 \pm 5,9$  Kg.m<sup>-2</sup> (Tabela 64).

A atividade média  $\pm$  DP de <sup>131</sup>I administrada a estes doentes foi de  $3207,3 \pm 1184,8$  MBq ( $86,7 \pm 32,0$  mCi), com um débito de dose efetiva médio  $\pm$  DP de  $8,2 \pm 6,1$   $\mu$ Sv.h<sup>-1</sup> (Tabela 64).

**Tabela 64. Caracterização da idade, IMC, atividade terapêutica de <sup>131</sup>I e débito de dose efetiva, dos doentes em que houve monitorização da exposição interna dos seus familiares/cuidadores**

Variáveis	Idade (anos)	IMC (Kg.m <sup>-2</sup> )	Atividade Terapêutica <sup>131</sup> I (MBq)	Débito de dose efetiva a 1 metro distância ( $\mu$ Sv.h <sup>-1</sup> )
Média	48,1	25,5	3207,3	8,2
Mediana	50,0	24,6	3700,0	7,5
Desvio Padrão	16,5	5,9	1184,8	6,1
Mínimo	17	16,9	1221,0	1,0
Máximo	72	41,4	6031,0	25,0
Total n(%)	c/resposta	22 (100)	22 (100)	22 (100)
	s/resposta	0	0	0

Os familiares/cuidadores têm uma idade média  $\pm$  DP de  $48,1 \pm 18,6$  anos, sendo 18 homens (52,9%) e 16 (47,1%) mulheres.

Na quantificação de <sup>131</sup>I nas 34 amostras de urina analisadas por espetrometria gama, apenas não foi detetado <sup>131</sup>I em 3 (8,8%) amostras.

Determinou-se uma atividade específica média  $\pm$  DP de  $97,43 \pm 261,27$  Bq.L<sup>-1</sup>, com mediana de  $7,15$  Bq.L<sup>-1</sup>, mínimo de  $0$  Bq.L<sup>-1</sup> e máximo de  $1146$  Bq.L<sup>-1</sup> (Tabela 65).

Dos familiares/cuidadores 4 apresentaram concentrações de <sup>131</sup>I na urina muito superior relativamente à maioria dos outros familiares/cuidadores (Figura 93).

Tabela 65. Atividade específica de <sup>131</sup>I na urina, dos familiares/cuidadores

Atividade específica de <sup>131</sup> I (Bq.L <sup>-1</sup> )		
Média		97,43
Mediana		7,15
Desvio Padrão		261,27
Mínimo		0,0
Máximo		1146,0
Total n(%)	c/resposta	34 (100)
	s/resposta	0

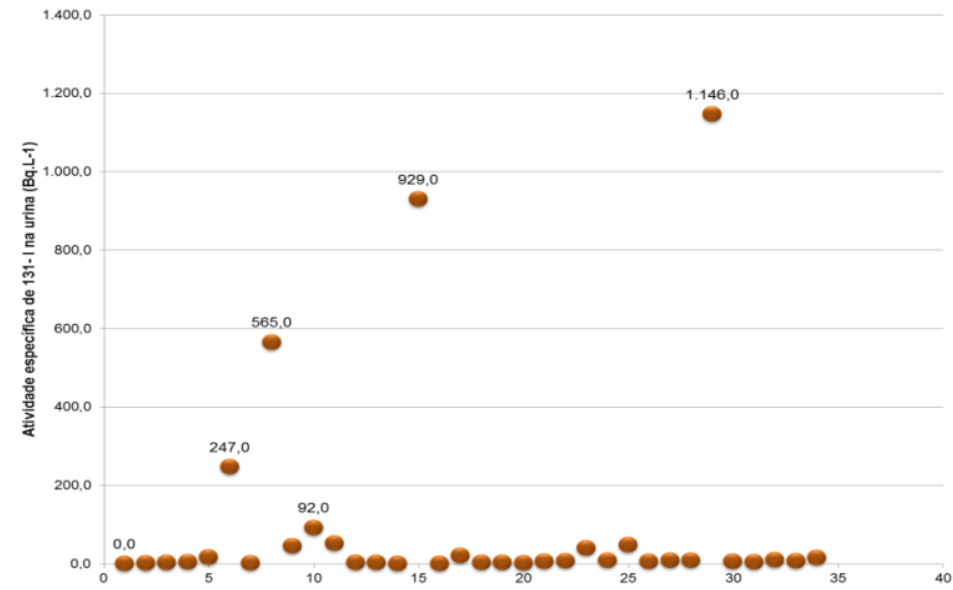
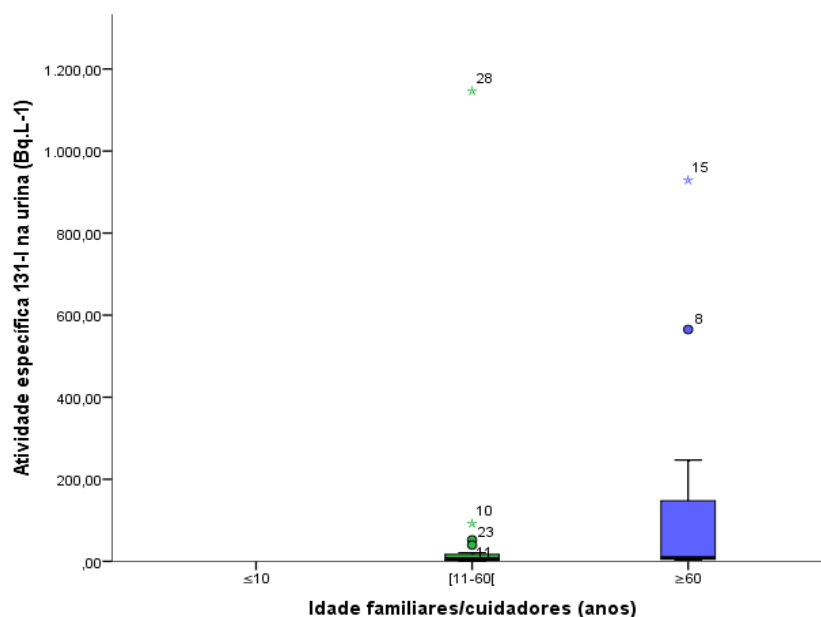


Figura 93. Dispersão da atividade específica de <sup>131</sup>I na urina dos familiares/cuidadores (Bq.L<sup>-1</sup>)

As características dos 4 familiares/cuidadores e respectivos doentes que apresentaram valores de atividade específica <sup>131</sup>I na urina apresentam-se descritas na Tabela 66. Verifica-se (Tabela 66) que o doente com ID = 8 é o único que tem 2 familiares/cuidadores – o conjugue e a filha com 64 e 30 anos (Figura 94), respetivamente.

Tabela 66. Caracterização dos familiares/cuidadores e respetivos doentes, com atividade específica de <sup>131</sup>I na urina

ID doente	Idade doente (anos)	Sexo doente	Débito de dose efetiva (uSv.h-1)	Período de restrições (dias)	Grau parentesco	Idade familiar/cuidador (anos)	Atividade específica <sup>131</sup> I na urina (Bq.L <sup>-1</sup> )
6	65	H	17	0	Conjugue	70	247,0
8	72	M	11	7	Conjugue	64	565,0
8	72	M	11	7	Filha	30	40,0
15	62	M	25	7	Conjugue	66	929,0
28	17	M	16	7	Mãe	44	1146,0

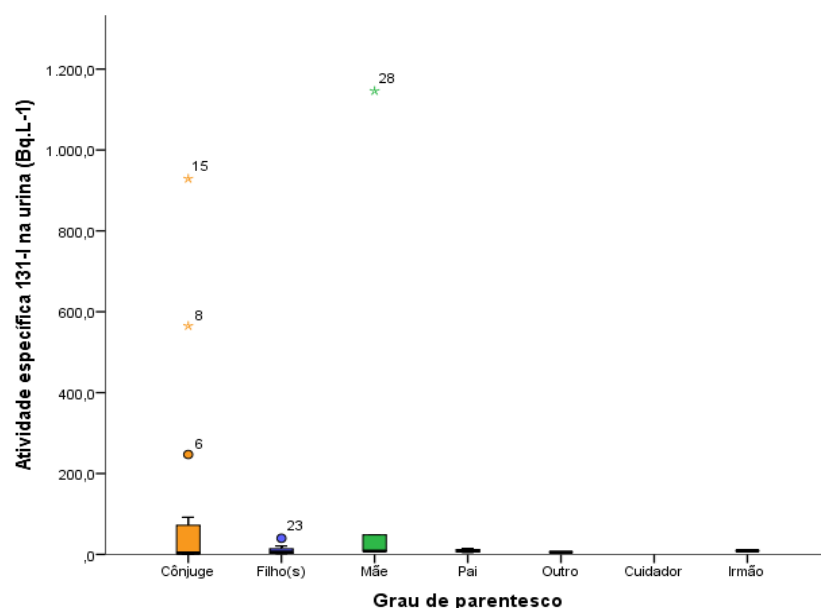


**Figura 94.** Variação da atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina (Bq.L $^{-1}$ ) por classes etárias dos familiares/cuidadores

Dos 4 familiares/cuidadores que apresentaram concentrações mais elevadas de  $^{131}\text{I}$  na urina, 3 são cônjuges e 1 mãe (Figura 95 e Tabela 66).

Os valores de  $^{131}\text{I}$  na urina são de tal ordem elevados que originam um DP superior à média, no caso das categorias cônjuges e mãe (Figura 96).

A mãe do doente com ID = 28 de 17 anos foi a que apresentou a atividade específica  $^{131}\text{I}$  na urina mais elevada de 1146,0 Bq.L $^{-1}$  (Tabela 66).



**Figura 95.** Variação da atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina (Bq.L $^{-1}$ ) dos familiares/cuidadores por grau de parentesco com o doente

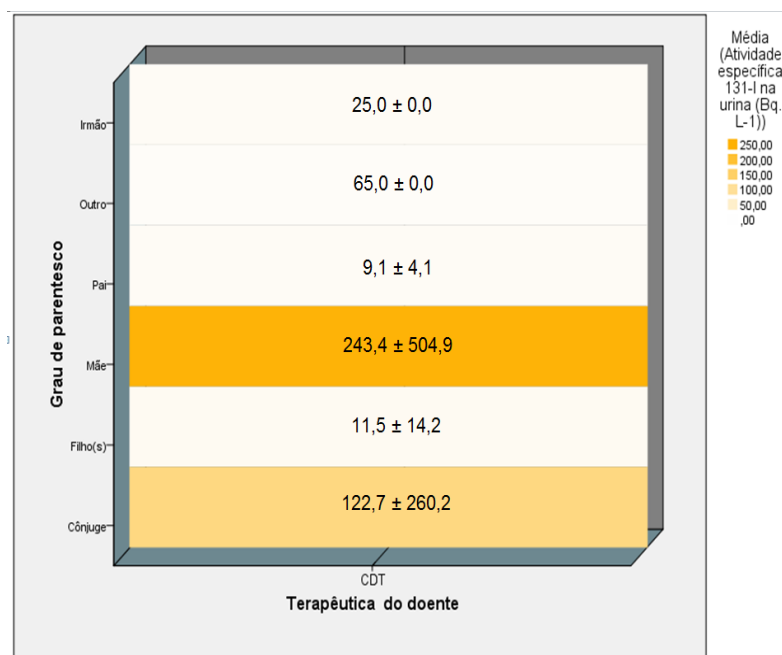


Figura 96. Média da atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina (Bq.L<sup>-1</sup>) do familiar/cuidador por grau de parentesco e tipo de terapêutica realizada pelo doente

Na amostra de 22 doentes, houve aqueles que tiveram alta sem serem necessários dias com restrições; os 7 dias são os que apresentam maior predominância (Figura 97).

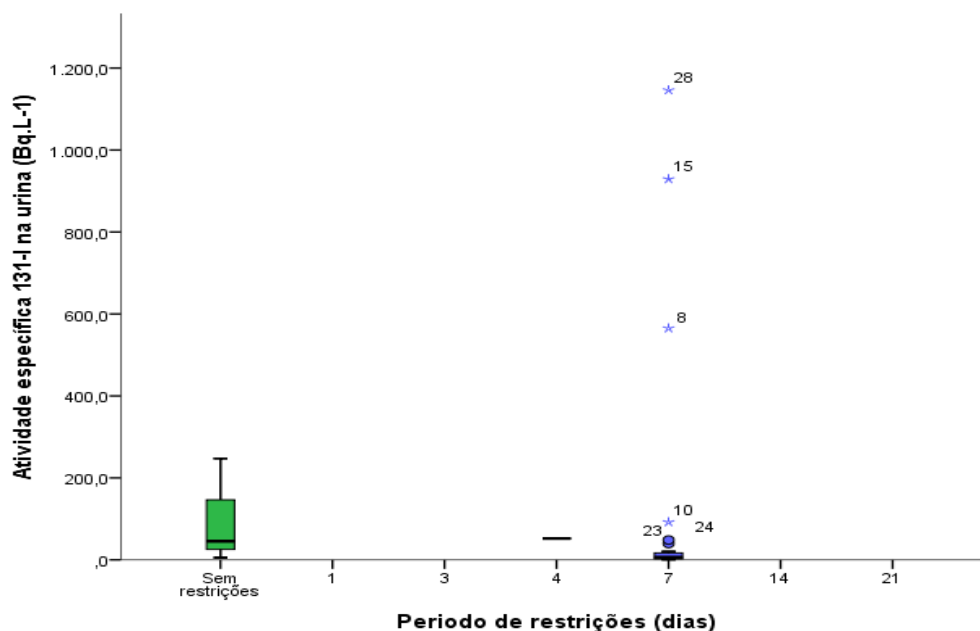


Figura 97. Distribuição da atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina (Bq.L<sup>-1</sup>) e o período de restrições

Segue-se a análise de variáveis, que, hipoteticamente, poderão ser a causa de  $^{131}\text{I}$  na urina (Tabela 67).

Entre a atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina dos familiares/cuidadores e o IMC do doente existe correlação negativa desprezável estatisticamente não significativa ( $\rho_{\text{sp}} = -0,124$ ;  $p = 0,491$ ) (Tabela 67). Contudo, existe evidência da relação moderada estatisticamente significativa entre a atividade  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente e a atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina dos familiares/cuidadores ( $\rho_{\text{sp}} = 0,540$ ;  $p = 0,001$ ) (Tabela 67).

No entanto, existe evidência da relação forte estatisticamente significativa entre o débito de dose efetiva do doente e a atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina dos familiares/cuidadores ( $\rho_{\text{sp}} = 0,730$ ;  $p < 0,001$ ) (Tabela 67).

**Tabela 67. Relação entre o IMC, a atividade de  $^{131}\text{I}$  e o débito de dose efetiva do doente com a atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina dos familiares/cuidadores**

Variáveis	Atividade específica $^{131}\text{I}$ na urina ( $\text{Bq.L}^{-1}$ )		
<b>IMC do doente</b> ( $\text{Kg.m}^{-2}$ )	$\rho_{\text{sp}}^*$	-0,124	Correlação negativa desprezável estatisticamente não significativa
	valor- $p$	0,491	
	N	33	
<b>Atividade <math>^{131}\text{I}</math> administrada</b> (MBq)	$\rho_{\text{sp}}^*$	0,540	<b>Correlação moderada estatisticamente significativa</b>
	valor- $p$	0,001	
	N	34	
<b>Débito de dose efetiva</b> ( $\text{uSv.h}^{-1}$ )	$\rho_{\text{sp}}^*$	0,730	<b>Correlação forte estatisticamente significativa</b>
	valor- $p$	<0,001	
	N	34	

<sup>a</sup> ró de Spearman.

Sumarizando, a atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina não tem nenhuma relação com o IMC do doente, no entanto está relacionada com a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente e com o débito de dose efetiva do doente. O débito de dose efetiva do doente é o que apresenta uma forte relação com a atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina.

A distribuição da atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina é a mesma entre os diferentes graus de parentesco ( $\chi^2_{(5)} = 2,714$ ;  $p = 0,744$ ;  $n = 34$ ) (Figura 95 e Figura 96), as categorias de idades (idade grupo 10) dos familiares/cuidadores ( $\chi^2_{(1)} = 2,750$ ;  $p = 0,097$ ;  $n = 34$ ) (Figura 94) e o período de restrição sugerido ao doente ( $\chi^2_{(2)} = 2,937$ ;  $p = 0,230$ ;  $n = 34$ ) (Figura 97).

O facto de haver excreção de  $^{131}\text{I}$  por via urinária, indica que houve exposição interna a  $^{131}\text{I}$ .

Neste processo existe todo o interesse em estimar a dose equivalente na tireoide dos familiares/cuidadores, por ser uma glândula com elevada radiosensibilidade. Com base no modelo biocinético para o  $^{131}\text{I}$  da Figura 15 estimou-se a dose equivalente na tireoide para cada familiar/cuidador.

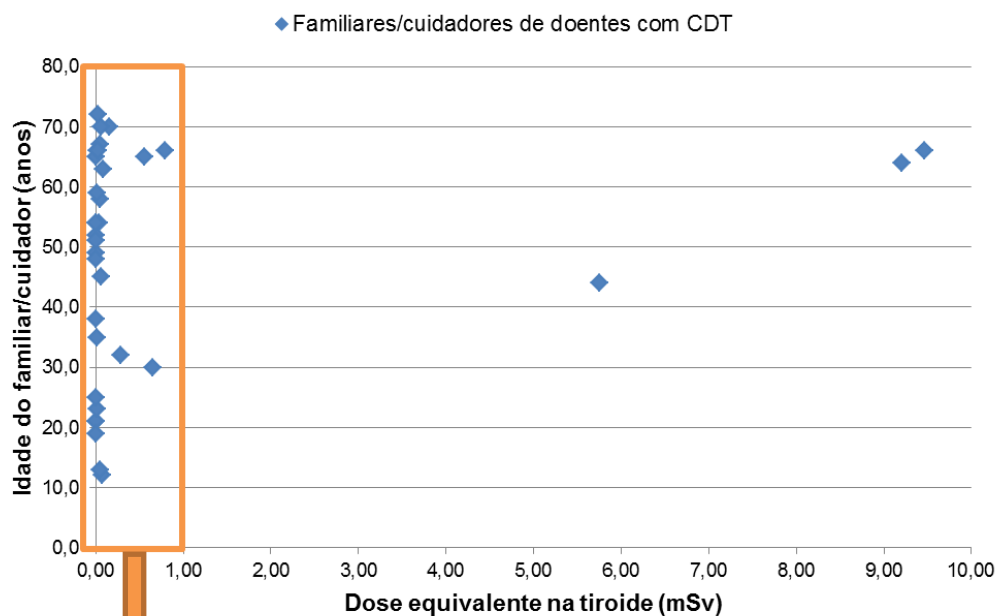
Dos 34 familiares/cuidadores 12 (35,2%) tiveram uma  $H_T(\text{tireoide}) = 0$  mSv. Na amostra total tiveram uma  $H_T(\text{tireoide})$  média  $\pm$  DP de  $0,81 \pm 2,38$  mSv, com mediana de 0,03 mSv, mínimo de 0 mSv e máximo de 9,46 mSv (Tabela 68).

**Tabela 68.  $H_T(\text{tireoide})$  (mSv) dos familiares/cuidadores**

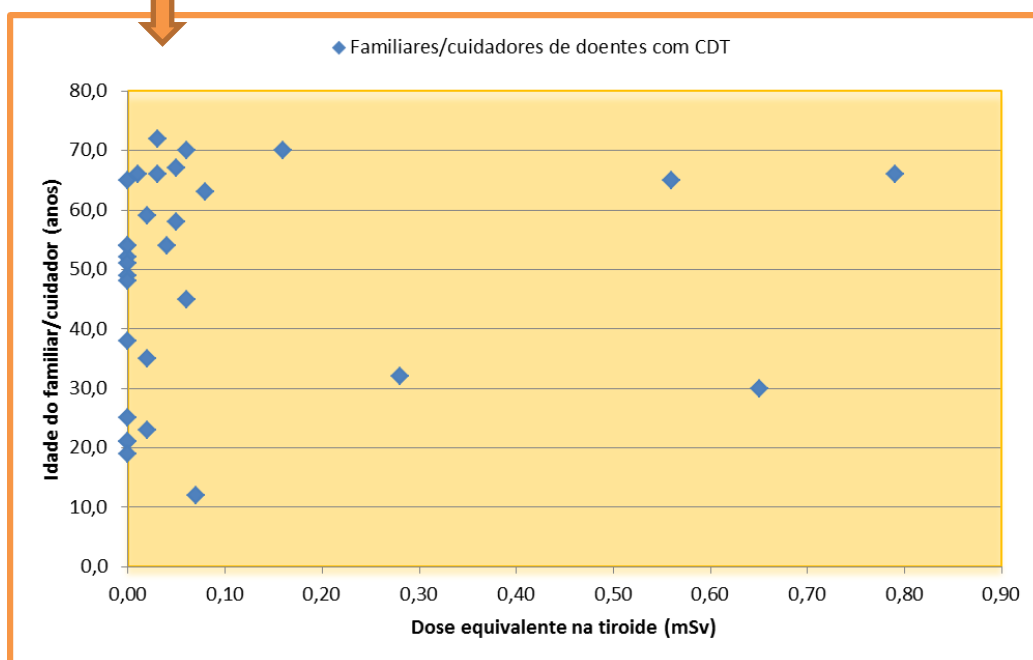
$H_T(\text{tireoide})$ (mSv)		
	<b>Média</b>	0,81
	<b>Mediana</b>	0,03
	<b>Desvio Padrão</b>	2,38
	<b>Mínimo</b>	0,0
	<b>Máximo</b>	9,46
<b>Total n(%)</b>	<b>c/resposta</b>	34 (100)
	<b>s/resposta</b>	0

A idade da pessoa é uma das variáveis que influencia a radiosensibilidade. A Figura 98 e Figura 99 mostram graficamente a distribuição da  $H_T(\text{tireoide})$  em função da idade dos familiares/cuidadores. Na Figura 98 observa-se que 91,4 % da amostra apresenta uma  $H_T(\text{tireoide}) < 1$  mSv e apenas em 3 familiares/cuidadores foi estimada uma dose que vai entre 5 e 10 mSv. Dos 3 familiares/cuidadores, 1 tem 44 anos e os outros dois têm idade  $> 60$  anos. A Figura 99 apresenta a distribuição da  $H_T(\text{tireoide})$  em função da idade dos familiares/cuidadores, no intervalo de dose entre 0 e 1 mSv por ser onde 91,4 % da amostra está concentrada.

Para os dois familiares/cuidadores mais jovens de 12 e 13 anos a  $H_T(\text{tireoide})$  estimada foi de 0,07 e 0,05 mSv, respetivamente.



**Figura 98. Dose equivalente na tiroide do familiar/cuidador em função da sua idade**



**Figura 99. Dose equivalente na tiroide (no intervalo de 0-1,0 mSv) do familiar/cuidador em função da sua idade**

O grau de parentesco entre o doente e o familiar/cuidador poderá ser um dos fatores que influencia a  $H_T(\text{tiroide})$ . Na Figura 99 e Figura 100 observa-se as  $H_T(\text{tiroide})$  estimadas mais altas correspondem a dois cônjuges com idade >60 anos.

Para otimizar a visualização dos resultados, onde se constata que as mães são as que têm uma maior variação nos valores da  $H_T(\text{tiroide})$  estimada a Figura 101 relativamente Figura 100 tem é um intervalo de  $H_T(\text{tiroide})$  que varia entre 0 e 0,8 mSv.



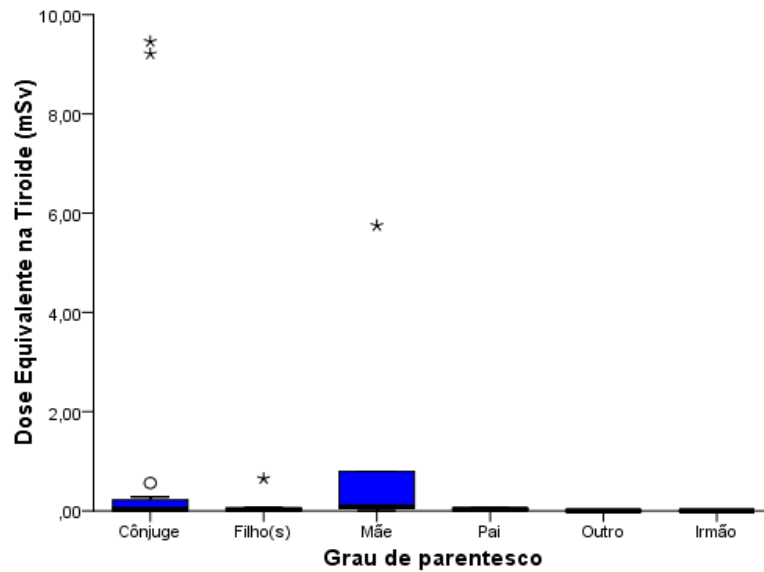


Figura 100. Variação da dose equivalente na tiroide (no intervalo de 0 - 10,0 mSv) por grau de parentesco entre o doente e o familiar/cuidador

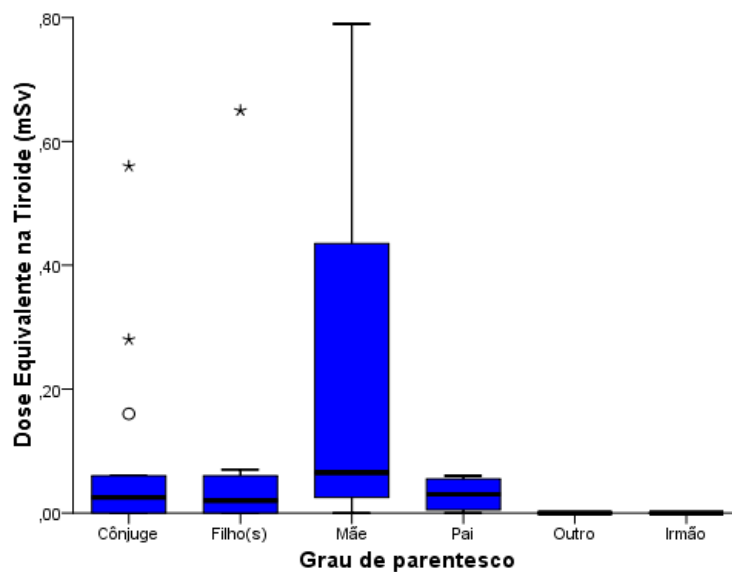


Figura 101. Variação da dose equivalente na tiroide (no intervalo de 0 - 0,8 mSv) por grau de parentesco entre o doente e o familiar/cuidador

#### 6.3.4 Análise combinada da exposição externa e interna nos familiares/cuidadores

Dos 113 familiares/cuidadores, só foi possível avaliar em simultâneo a exposição externa e interna em 4, o que permite fazer um estudo de caso.

A Tabela 69 permite analisar os resultados de duas famílias (Família❶ e Família❷), em que ambos os doentes realizaram terapêutica para CDT.

A Família❶ tem um agregado familiar de 2 membros, composta pela doente e um familiar, com uma relação parental de mãe e filha (Filha-1). A Doente-1 fez terapêutica com 3700 MBq, no dia da alta hospitalar tinha um débito de dose efetiva de 15 uSv.h<sup>-1</sup> e foram-lhes sugeridos 7 dias de restrições (Tabela 69). Na avaliação da exposição externa da Filha-1, verificou-se que esteve exposta a um  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  de 0,08 mSv, apresentou uma atividade específica de <sup>131</sup>I na urina de 20,94 Bq.L<sup>-1</sup> e a dose equivalente na tiroide ( $H_T(\text{tiroide})$ ) de 0,00 mSv (Tabela 69).

A Família❷ por sua vez tem 4 membros no agregado familiar, composta pela doente, o cônjuge e duas filhas (Filha-2 e Filha-3) (Tabela 69). A Doente-2 fez terapêutica com 1850 MBq, no dia da alta hospitalar tinha um débito de dose efetiva de 3 uSv.h<sup>-1</sup> e foram-lhes sugeridos 7 dias de restrições (Tabela 69). Na avaliação da exposição externa o cônjuge, a Filha-2 e Filha-3 estiveram expostos a um  $H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  de 0,15 mSv, 0,02 mSv e 0,03 mSv, respetivamente. O cônjuge apresentou uma atividade específica de <sup>131</sup>I na urina de 0,00 Bq.L<sup>-1</sup>. Referente à Filha-2 e Filha-3 a atividade específica de <sup>131</sup>I na urina foi de 3,42 e 2,43 Bq.L<sup>-1</sup>, respetivamente. Nos três familiares/cuidadores da Família❷, a dose equivalente na tiroide ( $H_T(\text{tiroide})$ ) foi de 0,00 mSv (Tabela 69).

Tabela 69. Descrição da exposição interna e externa a <sup>131</sup>I, em duas famílias

Família	Sexo	Parentesco	Idade (anos)	Atividade <sup>131</sup> I administrada (MBq)	Débito dose efetiva a 1 metro (uSv.h <sup>-1</sup> )	Restrições do doente (dias)	$H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$H_p(0,07)_{\text{max}}$ (mSv)	$H_p(10)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$H_p(10)_{\text{max}}$ (mSv)	Atividade específica <sup>131</sup> I na urina (Bq.L <sup>-1</sup> )	$H_T(\text{tiroide})$ (mSv)
❶	M	Doente-1	51	3700	15	7	--	--	--	--	--	--
	M	Filha-1	21	--	--	--	0,08	0,13	0,08	0,13	20,94	0,00
❷	M	Doente-2	54	1850	3	7	--	--	--	--	--	--
	H	Conjuge	54	--	--	--	0,15	0,20	0,15	0,21	0,00	0,00
	M	Filha-2	21	--	--	--	0,02	0,04	0,02	0,04	3,42	0,00
	M	Filha-3	19	--	--	--	0,03	0,05	0,03	0,05	2,43	0,00

H = Mulher; H = Homem.

## 6.4 SÍNTESE DAS VARIÁVEIS DEPENDENTES E INDEPENDENTES NA EXPOSIÇÃO EXTERNA E INTERNA

Foram testadas todas as variáveis possíveis para dar resposta aos objetivos propostos e a sintetização da informação torna mais objetiva a perceção dos resultados.

A Tabela 70 sintetiza a relação entre as variáveis atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente, IMC do doente, débito de dose efetiva do doente e o  $H_p(d)$  efetivo e máximo à profundidade de 0,07 e 10 mm dos familiares/cuidadores.

**Tabela 70. Relação das variáveis dependentes e independentes na exposição externa dos familiares/cuidadores**

rô de Spearman		IMC do doente (Kg.m <sup>-2</sup> )	Atividade administrada (MBq)	Débito de dose efetiva (uSv.h <sup>-1</sup> )
$H_p(0,07)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^*$	-0,105	-0,450	0,339
	$p$	0,379	<0,001	0,002
	$n$	72	83	83
$H_p(0,07)_{\text{maxi}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^*$	-0,129	-0,424	0,328
	$p$	0,279	<0,001	0,002
	$n$	72	83	83
$H_p(10)_{\text{efetivo}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^*$	-0,106	-0,450	0,340
	$p$	0,377	<0,001	0,002
	$n$	72	83	83
$H_p(10)_{\text{maxi}}$ (mSv)	$\rho_{\text{sp}}^*$	-0,123	-0,423	0,331
	$p$	0,305	<0,001	0,002
	$n$	72	83	83
		Associação linear negativa desprezável, estatisticamente não significativa	<b>Associação linear moderada, estatisticamente significativa</b>	<b>Associação linear moderada, estatisticamente significativa</b>

Na análise de conteúdo da Tabela 70 conclui-se que a exposição externa dos familiares/cuidadores dos doentes submetidos a terapêutica para CDT ou terapêutica para hipertireoidismo está diretamente relacionada com a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente e o seu débito de dose efetiva.

A Tabela 71 apresenta a relação entre as variáveis atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente, IMC do doente, débito de dose efetiva do doente e atividade específica  $^{131}\text{I}$  na urina dos familiares/cuidadores.

**Tabela 71. Relação das variáveis dependentes e independentes do doente com CDT e a Atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina dos familiares/cuidadores submetidos a monitorização interna**

rô de Spearman		IMC do doente (Kg.m <sup>-2</sup> )	Atividade administrada (MBq)	Débito de dose efetiva (uSv.h <sup>-1</sup> )	Atividade específica $^{131}\text{I}$ na urina (Bq.L <sup>-1</sup> )
IMC do doente (Kg.m <sup>-2</sup> )	$\rho_{sp}^*$ $p$ $n$		Associação linear baixa, estatisticamente não significativa	Associação linear muito baixa, estatisticamente não significativa	Associação linear negativa baixa, estatisticamente não significativa
Atividade $^{131}\text{I}$ administrada (MBq)	$\rho_{sp}^*$ $p$ $n$	-0,342 0,048 34 <sup>b</sup>		<b>Associação linear moderada, estatisticamente significativa</b>	<b>Associação linear moderada, estatisticamente significativa</b>
Débito de dose efetiva (uSv.h <sup>-1</sup> )	$\rho_{sp}^*$ $p$ $n$	0,008 0,966 34 <sup>b</sup>	0,623 <0,001 34 <sup>b</sup>		<b>Associação linear alta, estatisticamente significativa</b>
Atividade específica $^{131}\text{I}$ na urina (Bq.L <sup>-1</sup> )	$\rho_{sp}^*$ $p$ $n$	-0,124 0,491 33 <sup>b</sup>	0,540 0,001 34 <sup>b</sup>	0,730 <0,001 34 <sup>b</sup>	

\* rô de Spearman; <sup>b</sup> Doentes de CDT.

Na análise de conteúdo da Tabela 71 conclui-se que a exposição interna a  $^{131}\text{I}$  dos familiares/cuidadores dos doentes submetidos a terapêutica para CDT está diretamente relacionada com a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente e o seu débito de dose efetiva.

## **PARTE III – Discussão de Resultados e Conclusões**

---



## Capítulo 7 - Discussão de resultados

---

A terapêutica com  $^{131}\text{I}$  é recomendada no CDT, ablação da tiroide, hipertiroidismo, metastização da tiroide à distância, entre outras.

A Associação Americana da Tiroide propôs algoritmos de tomada de decisão e gestão de recomendações clínicas, em doentes com CDT de médio e alto risco, que contemplam a terapêutica com  $^{131}\text{I}$  (Haugen *et al.*, 2016; Haugen, 2017)

Em contexto terapêutico, as características físicas e os efeitos biológicos de emissores  $\beta^-$  explicam o sucesso da utilização do  $^{131}\text{I}$  nas doenças da tiroide. No entanto considerando que o  $^{131}\text{I}$  também exibe formas de decaimento com emissão  $\gamma$ , é obrigatório contemplar medidas de proteção e segurança contra as radiações para evitar exposições indevidas a radiações ionizantes, tanto de profissionais de saúde (exposição ocupacional), como de doentes, cuidadores, familiares e membros do público (IAEA, 2009).

Os limites e valores da restrição de dose referidos no Relatório *Protection 94* têm sido alvo de interpretações divergentes por parte dos diferentes países (ICRP, 2004).

Portugal é um dos estados membros que fez a transposição da “Radiation protection 97: radiation protection following iodine-131 therapy (exposures due to outpatients or discharged inpatients)” (European Commission, 1998) para a regulamentação nacional.

Ao longo destes anos tem havido evolução nos critérios clínicos e de radioproteção. Até que ponto esta evolução deve ser analisada e considerada na regulamentação nacional, tal como já realizado por outros países?

Com base neste estudo, pretende-se extrair ilações de haver ou não necessidade de reajustes nos procedimentos, com uma visão positiva para a Saúde Pública.

O campo de ação desta investigação foi em duas instituições de saúde, ambas de referência do serviço nacional de saúde, localizadas geograficamente nas NUTS II região de Lisboa e Vale do Tejo e na região Centro.

A amostra de doentes ( $n = 68$ ) e familiares/cuidadores ( $n = 113$ ) estudada permitiu-nos tirar ilações com estudos realizados por outros grupos de investigação.

Estudada a terapêutica com  $^{131}\text{I}$  no CDT e no hipertiroidismo, verifica-se que o número de doentes que realizaram terapêutica para hipertiroidismo (11; 16,2%) é inferior relativamente ao número de doentes para terapêutica de CDT (57; 83,8%).

A maioria dos doentes de hipertiroidismo, no dia em que realizam terapêutica e têm alta hospitalar, não se fizeram acompanhar por terceiros, o que impossibilitou a entrega de dosímetros para monitorização dos seus familiares/cuidadores. Este facto constituiu uma das limitações que condicionou a dimensão da amostra de doentes que realizaram terapêutica para hipertiroidismo.

O número de participantes enquanto doentes e familiares/cuidadores na análise estatística favorece aplicar testes paramétricos. No entanto, em certas análises houve necessidade de fragmentar a amostra, e.g. análise por instituição de saúde, por tipo de terapêutica, idade, entre outras, o que levou à aplicação de teste não paramétricos.

Das doenças da tiroide estudadas neste trabalho de investigação, sabe-se que em Portugal o cancro da tiroide na mulher e no homem tem uma proporção de 2:1 (Bray *et al.*, 2013; Ferlay *et al.*, 2013, 2013, 2015). Neste estudo a proporção entre os doentes mulheres e homens é de 2:1.

Apresentados os resultados obtidos e fundamentados pelas diferentes metodologias aplicadas, descrevem-se as variáveis que dão resposta aos objetivos propostos neste estudo.

## **1. Analisar e avaliar a exposição externa e interna a radiações ionizantes e doses associadas recebidas pelos familiares/cuidadores de doentes submetidos a terapêutica de $^{131}\text{I}$ para hipertiroidismo e CDT.**

A monitorização da exposição externa dos familiares/cuidadores realizou-se com dosímetros TLD, num período de 3 semanas. A avaliação da exposição interna incidiu na análise, por espetrometria gama, de uma amostra de urina do familiar/cuidador recolhida aproximadamente 70 horas após alta do doente.

A análise que se segue vai ter dois sentidos – um enquanto amostra geral e outro por instituição de saúde.

A atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada aos doentes é o ponto de partida deste procedimento e varia em função do tipo de terapêutica realizada.

A atividade média  $\pm$  DP de  $^{131}\text{I}$  administrada aos doentes que realizaram terapêutica para CDT foi de  $3434,6 \pm 1065,3$  MBq ( $92,8 \pm 28,8$  mCi) e nos doentes de terapêutica para hipertiroidismo foi de  $365,4 \pm 101,6$  MBq ( $9,9 \pm 2,7$  mCi). Estes valores coadunam-se com os recomendados pelas normas e referenciais da SNM e EANM, que são de 1 - 5,5 GBq (37 - 150 mCi) para tecido ablativo e de 200 - 800 MBq



(5,4 - 21,6 mCi) para hipertireoidismo (Luster *et al.*, 2008; Silberstein *et al.*, 2012; Stokkel *et al.*, 2010).

Na análise por instituição de saúde, nos doentes com CDT a atividade média de  $^{131}\text{I}$  administrada no Hosp\_A foi de  $2926,6 \pm 1324,0$  MBq ( $79,1 \pm 35,8$  mCi) e no Hosp\_B foi de  $3628,1 \pm 879,2$  MBq ( $98,1 \pm 23,8$  mCi). Aos doentes de hipertireoidismo no Hosp\_A foi administrada uma atividade média de  $396,9 \pm 128,1$  MBq ( $10,8 \pm 3,5$  mCi) e no Hosp\_B uma atividade média de  $339,2 \pm 75,5$  MBq ( $9,2 \pm 2,0$  mCi).

No Hosp\_A e Hosp\_B os protocolos de cálculo da atividade a administrar têm procedimentos diferentes, mas ambos respeitam as recomendações nacionais e internacionais de normas e referenciais. Constata-se que em ambas as instituições de saúde os valores de atividade administrada de  $^{131}\text{I}$ , nos dois tipos de terapêuticas, seguem os recomendados pelas normas e referenciais da SNM e EANM (Luster *et al.*, 2008; Silberstein *et al.*, 2012; Stokkel *et al.*, 2010).

Todos os doentes com CDT realizaram terapêutica de internamento, porque a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada foi  $\geq 740$  MBq (20 mCi) e o Decreto-Lei n.º 222/2008 (2008) assim o regula.

O valor do débito de dose efetiva neste estudo foi medido à distância de 1 metro do doente e apenas se efetuaram medidas *in loco* nos doentes que realizaram terapêutica para CDT. Estes procedimentos estavam protocolados no Hosp\_A e Hosp\_B, os quais seguem as recomendações da ICRP 97 e ICRP 94 (Comissão Europeia, 1999; European Commission, 1998; ICRP, 2004).

O débito de dose efetiva médio nos doentes que realizaram terapêutica para CDT foi de  $9,6 \pm 6,4$   $\mu\text{Sv.h}^{-1}$  num intervalo de  $[1,0 - 28,0]$   $\mu\text{Sv.h}^{-1}$ . Nos doentes com hipertireoidismo por não estar protocolado a medida do débito de dose efetiva *in loco*, os valores foram estimados com base nos propostos pelo ICRP 97 e ICRP 94, sendo o débito de dose efetiva médio de  $20,1 \pm 5,4$   $\mu\text{Sv.h}^{-1}$  num intervalo de  $[10,0 - 30,0]$   $\mu\text{Sv.h}^{-1}$ .

Nos doentes estudados, no momento da alta hospitalar o seu débito de dose efetiva respeita os limites de restrição de dose nas crianças, adultos e público, recomendados pela ICRP 97, ICRP 94 e IAEA (Comissão Europeia, 1999; European Commission, 1998; IAEA, 2009; ICRP, 2004) em situações de terapêutica com  $^{131}\text{I}$ .

Segundo as recomendações da ICRP 97 e ICRP 94 (Comissão Europeia, 1999; European Commission, 1998; ICRP, 2004), a medida do débito de dose efetiva deve ser realizada à distância de 1 metro do doente. A distância a que se deve medir o

débito de dose efetiva traz alguma controvérsia na literatura, colocando a questão de se deve ser medido a 1 ou 2 metros.

Willegaignon *et al.* (2006) realizaram medidas de débito de dose a 1 e 2 metros de distância com um Geiger-Müller e compararam os resultados práticos obtidos com os resultados calculados matematicamente. Kochovska *et al.* (2016) realizaram medidas de débito de dose a 1 e 2 metros de distância com dosímetros TLD e compararam as doses com as doses obtidas pelo *software Radiation Dose Assessment Resource* (RADAR) usado para estimar as doses efetivas. Willegaignon *et al.* (2006) demonstraram que as diferenças entre as doses registadas no Geiger-Müller e as calculadas matematicamente são maiores à distância de 1 metro relativamente aos valores obtidos para a distância de 2 metros. As conclusões de Kochovska *et al.* (2016) corroboram os resultados de Willegaignon *et al.* (2006). Willegaignon *et al.* (2006) e Kochovska *et al.* (2016) sugerem que o débito de dose efetiva seja medido a 2 metros.

Nas medidas do débito de dose efetiva realizadas a 1 metro de distância o doente é considerado como sendo uma fonte pontual: atendendo à altura do doente o mesmo não pode ser considerado como tal (Kochovska *et al.*, 2016; Willegaignon *et al.*, 2006). Quando medido o débito de dose efetiva à distância de 2 metros o doente deixa de ser visto como uma fonte pontual, o que fundamenta a menor diferença de dose obtida na prática e na teoria por algoritmos matemáticos (Kochovska *et al.*, 2016; Willegaignon *et al.*, 2006).

Será pertinente realizar a medida do débito de dose *in loco* a 1 e 2 metros de distância ao doente, às 24h e 48h após terapêutica, nos doentes com CDT e com hipertireoidismo. É pertinente comparar os resultados obtidos com os calculados pelo RADAR e matematicamente. O espectável é que o débito de dose seja mais baixo quando medido a 2 metros relativamente aos de 1 metro.

Caso se ateste que as medidas de débito de dose realizadas às 24h a 2 metros de distância não passem os limites regulamentados para alta hospitalar, será de pondera a terapêutica por internamento de 24h ou ajustar os limites estabelecidos para terapêutica em contexto de internamentos. Com isto, não há que descuidar a realização em simultâneo da monitorização a cuidadores, familiares, visitas, entre outros.

Com o objetivo de determinar a exposição externa dos familiares/cuidadores de doentes que realizaram terapêutica com  $^{131}\text{I}$ , vários estudos têm sido desenvolvidos. A comparação de resultados de estudos que têm o mesmo objetivo é dificultada, porque

o débito de dose efetiva é medido segundo o protocolado no serviço e/ou regulamentado no país. Há estudos realizados com distâncias de 1 metro (Ahmadi Jeshvaghane *et al.*, 2011; Kusakabe *et al.*, 2012; Marriott, Webber e Gulenchyn, 2007; Oliveira *et al.*, 2008; Pant *et al.*, 2006), 1,5 metros (Gründel, Kopka e Schulz, 2007), 2 metros (Kochovska *et al.*, 2016; Zehtabian *et al.*, 2016) e outros com distâncias ao doente superior a 2 metros (Gründel, Kopka e Schulz, 2007). A inexistência deste tipo de estudo em Portugal fundamenta a avaliação desenvolvida nesta investigação

A ICRP na Publicação 94 (ICRP, 2004) recomenda que o limite de dose para os familiares e cuidadores de doentes que realizam terapêutica com  $^{131}\text{I}$ , com idade entre os 11 e os 59 anos passe de 3 mSv/episódio terapêutico para 5 mSv/episódio terapêutico. Em resposta a esta recomendação, unidades hospitalares de alguns países referem que o limite dos 5 mSv/episódio terapêutico permitiu realizar mais terapêuticas de ambulatório e reduziu a lista de espera, já que o número de quartos terapêuticos é limitado (Ahmadi Jeshvaghane *et al.*, 2011; Pant *et al.*, 2006; Reiners e Lassmann, 1999).

A avaliação da **exposição externa** realizada incidu em familiares/cuidadores de doentes que realizaram terapêutica para CDT e para hipertireoidismo. A monitorização externa dos familiares/cuidadores realizou-se com dosímetros TLD, num período de 21 dias, após alta hospitalar. Os familiares/cuidadores que realizaram terapêutica para CDT estiveram expostos a um  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  médio de  $0,19 \pm 0,46$  mSv, com um máximo espectável de 3,37 mSv e um  $H_p(10)_{\text{max}}$  médio de  $0,28 \pm 0,63$  mSv e um máximo espectável de 4,65 mSv.

Verifica-se que a exposição externa à qual estiveram expostos os familiares/cuidadores ficou muito aquém dos limites regulamentados. Estudos similares têm sido realizados por outros autores, como é o caso de Marriott, Webber e Gulenchyn (2007), que monitorizaram durante 7 dias, com dosímetros eletrónicos, 27 cuidadores de 26 doentes que realizaram terapêutica para CDT; os doentes receberam uma atividade média de  $^{131}\text{I}$  de 3,9 GBq (105,6 mCi) e os cuidadores tiveram uma  $H_p(0,07)$  de  $0,098 \pm 0,064$  mSv e  $H_p(10)$  de  $0,102 \pm 0,066$  mSv. Kochovska e Majstorov (2014) realizaram um estudo em 30 doentes com CDT e 30 doentes com hipertireoidismo, tendo sido os seus cuidadores monitorizados durante 7 dias com dosímetros TLD; os cuidadores dos doentes com CDT tiveram uma  $H_p(10)$  de  $0,210 \pm 0,15$  mSv e os doentes com hipertireoidismo tiveram uma  $H_p(10)$   $0,87 \pm 1,24$  mSv.

Com base nas conclusões destes estudos verifica-se que os resultados obtidos na presente investigação corroboram os resultados obtidos por Marriott, Webber e Gulenchyn (2007) e Kochovska e Majstorov (2014). No entanto salienta-se que o número de dias de monitorização realizado no presente estudo é três vezes superior em relação aos estudos desenvolvidos pelos outros autores.

A avaliação da **exposição interna** realizada incidiu apenas em familiares/cuidadores de doentes que realizaram terapêutica para CDT. Procedeu-se à deteção e quantificação de  $^{131}\text{I}$  numa amostra de urina (uma micção) aproximadamente 70 horas após alta hospitalar do doente. O número de familiares/cuidadores é apenas de 34, devido à complexidade logística associada à recolha das amostras de urina e à área de residência dos doentes.

A atividade média de  $^{131}\text{I}$  administrada aos doentes foi de  $3207,3 \pm 1184,8$  MBq ( $86,7 \pm 32,0$  mCi), com um débito de dose efetiva médio de  $8,2 \pm 6,1$   $\mu\text{Sv.h}^{-1}$ . Em 34 amostras de urina analisadas por espectrometria gama, apenas não foi detetado  $^{131}\text{I}$  em 3 (8,8%). Determinou-se uma atividade específica média de  $^{131}\text{I}$  na urina de  $97,43 \pm 261,27$  Bq.L $^{-1}$ , com mediana de 7,15 Bq.L $^{-1}$ , mínimo de 0 Bq.L $^{-1}$  e máximo de 1146 Bq.L $^{-1}$ .

Os doentes não só são uma fonte de exposição externa para as pessoas que os rodeiam, como também podem ser fontes de exposição interna a  $^{131}\text{I}$  (Peekhunthod *et al.*, 2017; Reiners e Lassmann, 1999; Reis, Bertelli e Sousa, 2017; Soldin, 2002; Willegaignon *et al.*, 2006). As vias de excreção do  $^{131}\text{I}$  são a saliva, suor, exalação, fecal e urinária. Mais de 90% do iodo é excretado por via urinária (Perrine *et al.*, 2014). A quantidade de iodo incorporado tem uma relação positiva com o iodo excretado por via urinária (Perrine *et al.*, 2014). Estes fatores fundamentam a exposição interna a  $^{131}\text{I}$  dos familiares/cuidadores estudados.

A determinação da concentração de radionuclídeos na urina é um dos focos de alguns estudos, no entanto encontraram-se algumas limitações, porque dos poucos estudos encontrados o  $^{131}\text{I}$  não foi considerado (Ishigure, 1999; Reis, Bertelli e Sousa, 2017). Dos grupos de investigação que consideraram o  $^{131}\text{I}$ , uns avaliam a excreção de  $^{131}\text{I}$  nos doentes (Demir *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2015), outros avaliam a exposição interna a  $^{131}\text{I}$  com base em modelos matemáticos (Schomäcker *et al.*, 2011). Havendo uma carência de estudos neste campo, considera-se que a presente investigação trará um contributo positivo no âmbito das terapêuticas com  $^{131}\text{I}$ . Perante os resultados obtidos devem de ser refletidas algumas medidas preventivas para minimizar a exposição interna a  $^{131}\text{I}$ .

As **condições socioeconómicas** é um dos fatores com grande peso no contexto da segurança e proteção contra as radiações. Ahmadi Jeshvaghane *et al.*, (2011) conhecendo a cultura, os estilos de vida e as condições socioeconómicas do Irão, realizaram um estudo que englobou sete centros de medicina nuclear nesse país, onde demonstraram que havia necessidade de alterar os limites de dose nas terapêuticas de ambulatório, propondo que os limites de alta passassem a ser de 500 MBq (14 mCi) ou  $20 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ , em vez dos 1100 MBq (30 mCi) que estavam regulamentados.

Neste estudo trabalhou-se um conjunto de variáveis que caracterizam as condições socioeconómicas, as quais foram: condições habitacionais; o rendimento familiar; habilitações literárias do doente e do familiar/cuidador; a profissão do doente e do familiar/cuidador. Daí verificou-se que todos os doentes reuniam condições habitacionais ajustadas ao seu agregado familiar e recebiam rendimento mensal. Na totalidade da amostra de doentes e familiares/cuidadores apenas existe um iletrado, estando os restantes indivíduos distribuídos por vários grupos de profissões. As condições socioeconómicas da amostra estudada e os resultados de exposição externa e interna dos familiares/cuidadores, não nos permitem tirar ilações quanto a situações mais carenciadas. Com base nos resultados obtidos neste estudo até que ponto em Portugal se deve propor a revisão dos limites de dose nas terapêuticas de ambulatório, conforme o estudo realizado por Ahmadi Jeshvaghane *et al.*, (2011).

O IMC do doente também pode ser um fator a considerar na dose de exposição externa dos seus familiares/cuidadores. Uma das limitações do estudo quanto à análise do IMC é o facto do número de doentes ser muito pequeno. No entanto os doentes que realizaram terapêutica com 3700 MBq (100 mCi) são os que têm maior representatividade (25 doentes).

Na análise que consiste em relacionar o IMC e a atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina, assinala-se uma baixa associação ( $\rho_{sp} = 0,180$ ;  $p = 0,308$ ) e quanto aos parâmetros de monitorização externa não existe relação entre o IMC e o  $H_p(d)$ .

Os doentes que realizaram terapêutica para CDT e para hipertireoidismo apresentam um IMC médio de  $26,1 \pm 5,5 \text{ Kg.m}^{-2}$  e  $26,8 \pm 3,7 \text{ Kg.m}^{-2}$ , respetivamente.

Alguns autores consideram que o IMC também poderá ser um dos critérios de alta do doente, para além da atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente e do débito de dose efetiva (Lahfi e Anjak, 2015). Lahfi e Anjak (2015) realizaram um estudo com doentes que realizaram terapêutica de doenças da tiroide com  $^{131}\text{I}$  e atividades de 3,7GBq (100mCi), 5,55GBq (150mCi) e 7,7GBq (200mCi) e IMC com eutrofia, com

excesso de peso e obesos, aos quais mediram o débito de dose efetiva a 1 metro com um *survey meter*, concluíram que os valores do débito de dose efetiva no grupo de doentes com eutrofia foram superiores em 11% (em média) comparados aos grupos dos doentes com excesso de peso e com obesidade quando a dose administrada foi 5,55GBq (150mCi) e 7,7GBq (200mCi), nos doentes com eutrofia que receberam 3,7GBq (100mCi) os valores do débito de dose efetiva foi superiores em 49%.

## **2. Identificar possíveis relações/corelações entre a atividade de $^{131}\text{I}$ administrada ao doente e débito de dose efetiva, com as características estaturo-ponderais e socioeconómicas dos doentes, e a dose de exposição externa e interna a $^{131}\text{I}$ a que os familiares/cuidadores estão expostos.**

A análise da relação entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada aos doentes e o seu débito de dose efetiva incidiu apenas na amostra de doentes que realizaram terapêutica para CDT, como fundamentado anteriormente.

Nos doentes de CDT, verifica-se uma correlação moderada estatisticamente significativa ( $\rho_{sp} = 0,342$ ;  $p = 0,009$ ), entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente e o débito de dose efetiva a 1 metro. O que indica que a atividade administrada de  $^{131}\text{I}$  é uma variável que favorece o aumento do débito de dose efetiva no doente.

A média do débito de dose efetiva a 1 metro, nos doentes que realizaram terapêutica para CDT foi de  $9,6 \pm 6,4 \mu\text{Sv.h}^{-1}$  num intervalo de  $[1,0 - 28,0]$  e nos doentes de terapêutica para hipertireoidismo foi de  $20,1 \pm 5,4 \mu\text{Sv.h}^{-1}$   $[10,0 - 30,0]$   $\mu\text{Sv.h}^{-1}$ . O débito de dose efetiva a 1 metro nos doentes de terapêutica para hipertireoidismo foi determinado com base nos valores da ICRP 94 (ICRP, 2004).

Vários estudos (Grigsby *et al.*, 2000; Kochovska *et al.*, 2016; Kochovska e Majstorov, 2014; Kusakabe *et al.*, 2012; Pant *et al.*, 2006) foram realizados neste contexto e os resultados obtidos neste estudo dos valores de débito de dose efetiva a 1 metro em função das atividades administradas aos doentes de CDT corroboram os seus resultados.

Os doentes que realizaram terapêutica para CDT evidenciam uma correlação moderada estatisticamente não significativa ( $\rho_{sp} = 0,237$ ;  $p = 0,088$ ) entre o IMC e o débito de dose efetiva a 1 metro de distância. Verifica-se que o IMC e o débito de dose efetiva apresentam uma relação diretamente proporcional, resultados que corroboram os obtidos por Lahfi e Anjak (2015).

Na exposição externa a  $^{131}\text{I}$  os 83 familiares/cuidadores estiveram expostos a uma  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  médio de  $0,19 \pm 0,46$  mSv, mediana de 0,08 mSv, com um máximo de 3,37 mSv. Quanto ao  $H_p(10)_{\text{max}}$  tiveram uma média de  $0,28 \pm 0,63$  mSv e um máximo de 4,65 mSv. Estes valores provam que os familiares/cuidadores estiveram expostos a doses inferiores aos limites recomendados a nível nacional e internacional, resultados que corroboram os determinados nos estudos de Barrington *et al.* (1999), Grigsby *et al.* (2000), Kochovska e Majstorov (2014), Kochovska *et al.* (2016), Kusakabe *et al.* (2012), Pant *et al.* (2006), Marriott, Webber e Gulenchyn (2007) e Zehtabian *et al.* (2016).

No entanto, a mediana dos valores  $H_p(10)_{\text{efetiva}}$  (mediana = 0,215 mSv) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  (mediana = 0,305 mSv) nos familiares/cuidadores dos doentes com hipertireoidismo é superior ao dos familiares/cuidadores dos doentes de CDT com  $H_p(10)_{\text{efetiva}}$  (mediana = 0,062 mSv) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  (mediana = 0,120 mSv), o que corrobora os resultados do estudo realizado por (Kochovska *et al.*, 2016; Kocovska *et al.*, 2011; Pant *et al.*, 2006)

Verificou-se a evidência de uma correlação negativa moderada entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada aos doentes e o  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  ( $\rho_{sp} = -0,450$ ;  $p < 0,01$ ) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\rho_{sp} = -0,423$ ;  $p < 0,01$ ) dos familiares/cuidadores. No Hosp\_A existe evidência de uma correlação negativa moderada entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada aos doentes e o  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  ( $\rho_{sp} = -0,482$ ;  $p = 0,008$ ) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\rho_{sp} = -0,440$ ;  $p = 0,017$ ) dos familiares/cuidadores. No Hosp\_B não existe evidência de uma correlação negativa moderada entre a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada aos doentes e o  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  ( $\rho_{sp} = -0,255$ ;  $p = 0,008$ ) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\rho_{sp} = -0,210$ ;  $p = 0,128$ ) dos familiares/cuidadores. No entanto só o Hosp\_A apresenta evidência estatística desta relação. Este facto poderá estar relacionado com o diferente método de cálculo da atividade de  $^{131}\text{I}$  a administrada ao doente entre o Hosp\_A e Hosp\_B.

No IMC, verifica-se que não existe correlação entre o IMC e o  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  ( $\rho_{sp} = -0,106$ ;  $p = 0,377$ ) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\rho_{sp} = -0,123$ ;  $p = 0,305$ ) dos familiares/cuidadores.

Na análise das condições socioeconómicas, existe evidência de que a distribuição do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(8) = 10,47$ ;  $p = 0,233$ ) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(8) = 9,94$ ;  $p = 0,269$ ) é a mesma entre os diferentes escalões remuneratórios, existe evidência de que a distribuição do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(9) = 21,32$ ;  $p = 0,011$ ) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(9) = 23,36$ ;  $p = 0,005$ ) não é a mesma entre as categorias profissionais dos doentes. Nos familiares/cuidadores, existe evidência de que a distribuição do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(46) = 46,60$ ;  $p = 0,447$ ) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(46) = 46,73$ ;  $p = 0,442$ ) é a mesma entre as suas categorias profissionais. Quanto às habilitações literárias, existe evidência de que a

distribuição do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(6) = 20,40$ ;  $p = 0,002$ ) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(6) = 22,44$ ;  $p = 0,001$ ) não é a mesma entre as categorias profissionais dos doentes. Nos familiares/cuidadores, existe evidência de que a distribuição do  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(6) = 10,81$ ;  $p = 0,147$ ) e  $H_p(10)_{\text{max}}$  ( $\chi^2_{\text{KW}}(6) = 11,44$ ;  $p = 0,120$ ) é a mesma entre as suas categorias profissionais.

Em suma as habilitações literárias influenciam a distribuição de  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  e  $H_p(10)_{\text{max}}$ , entre os familiares/cuidadores e doentes.

Direcionando a análise para a exposição interna, não existe evidência da relação negativa desprezável entre a atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina dos familiares/cuidadores e o IMC do doente têm ( $\rho_{\text{sp}} = -0,124$ ;  $p = 0,491$ ). Existe evidência da relação moderada entre a atividade  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente e a atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina dos familiares/cuidadores ( $\rho_{\text{sp}} = 0,540$ ;  $p = 0,001$ ) também existe evidência da forte relação entre o débito de dose efetiva do doente e a atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina dos familiares/cuidadores ( $\rho_{\text{sp}} = 0,730$ ;  $p < 0,001$ ).

Como síntese, a atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina não tem nenhuma relação com o IMC do doente, no entanto está relacionada com a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente e com o débito de dose efetiva do doente. O débito de dose efetiva do doente é o que está mais relacionado com a atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina. A falta de estudos neste tipo de avaliação limita a comparabilidade de resultados, o que também fundamenta o carácter inovador desta investigação.

Com base nos valores de  $^{131}\text{I}$  na urina estimou-se a dose equivalente na tiroide para cada familiar/cuidador, com o modelo biocinético para o  $^{131}\text{I}$  apresentado por Riggs (Leggett, 2010).

Dos 34 familiares/cuidadores 12 (35,2%) tiveram uma  $H_T(\text{tiroide}) = 0$  mSv. Na amostra total tiveram uma  $H_T(\text{tiroide})$  média de  $0,81 \pm 2,38$  mSv, com mediana de 0,03 mSv, mínimo de 0 mSv e máximo de 9,46 mSv.

### **3. Comparar a dose de exposição externa e interna a $^{131}\text{I}$ a que os familiares/cuidadores estão expostos, com o tipo de terapêutica realizada aos doentes, o seu grau de parentesco e o período de restrições indicado.**

Ao comparar entre os diferentes membros da família condiciona comportamentos e atitudes. Existindo agregados familiares com crianças é um fator que desperta o interesse em avaliar a exposição externa e interna.



Comparando a exposição externa entre as duas terapêuticas e os graus de parentesco, constata-se que os valores médios de  $H_p(0,07)$  e  $H_p(10)$  nos familiares/cuidadores dos doentes submetidos a terapêutica para hipertireoidismo é superior relativamente aos valores familiares/cuidadores dos doentes submetidos a terapêutica para CDT.

Os doentes que realizam terapêutica para hipertireoidismo mantem a sua glândula da tiroide, o que favorece uma área de fixação superior relativamente aos doentes que realizaram terapêutica para CDT os quais já foram sujeitos a ablação da tiroide.

No respeitante ao grau de parentesco, os cônjuges dos doentes submetidos a terapêutica para hipertireoidismo são os que apresentam valores médios de  $H_p(0,07)$  e  $H_p(10)$  mais elevados, relativamente aos outros grau de parentesco.

Os dois valores de  $H_p(0,07)$  e  $H_p(10)$  mais altos correspondem a cônjuges com idade  $\geq 60$  anos, o que corrobora o estudo realizado por Barrington *et al.* (1999) e o seu grupo de investigadores.

Na perspetiva da exposição interna, existe evidência que a distribuição da atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina é a mesma entre os diferentes graus de parentesco ( $\chi^2_{(5)} = 2,714$ ;  $p = 0,744$ ;  $n = 34$ ) e o período de restrição sugerido ao doente ( $\chi^2_{(2)} = 2,937$ ;  $p = 0,230$ ;  $n = 34$ ).

Quatro dos familiares/cuidadores apresentaram concentrações de  $^{131}\text{I}$  na urina muito superior relativamente à maioria dos outros familiares/cuidadores, dos quais 3 são cônjuges e uma mãe. Os 3 cônjuges têm idade  $\geq 60$  anos, no entanto a mãe ( $A_e = 1146,0 \text{ Bq.L}^{-1}$ ) tem 44 anos e o filho enquanto doente tem 17 anos.

Não foram encontrados estudos que permitissem comparar os resultados encontrados. Isto, evidência a necessidade de replicar a monitorização interna em estudos de campo e não se limitar a análise apenas em estudos por simulação.

Contudo é pertinente aumentar a amostra de estudo e alargar a outras terapêuticas com radionuclídeos que possam suscitar exposição interna de outros indivíduos.

- 4. Analisar a dose de exposição externa e interna a  $^{131}\text{I}$  entre crianças e adultos, enquanto familiares/cuidadores e estimar a diferença de dose de exposição externa e interna entre grupos etários.**

A idade da pessoa também é um dos fatores que condiciona comportamentos e atitudes. Os familiares/cuidadores estudados têm uma média de idade de  $40,0 \pm 20,3$  anos num intervalo de [1,5 – 79,0] anos.

Na análise da exposição externa em função da idade dos doentes, verifica-se que os familiares/cuidadores com idade <60 anos e  $\geq 60$  anos estiveram expostos a um  $H_p(0,07) < 1,0$  mSv e  $H_p(10) < 4,7$  mSv. Como exemplo a mediana de  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  de familiares/cuidadores de doentes que realizaram terapêutica para hipertireoidismo é de 0,130 mSv em doente com idade  $\leq 10$  anos, na classe dos [11 – 59] anos é de 0,210 mSv e com idade  $\geq 10$  anos é de 0,549 mSv. Nos doentes de terapêutica para CDT a mediana de  $H_p(10)_{\text{efetivo}}$  é de 0,074 mSv em doente com idade  $\leq 10$  anos, na classe dos [11 – 59] anos é de 0,058 mSv e com idade  $\geq 10$  anos é de 0,251 mSv.

Schomäcker *et al.* (2011) realizaram um estudo em doentes submetidos a terapêutica com  $^{131}\text{I}$  para CDT e hipertireoidismo e estimaram as doses efetivas resultantes da inalação do ar exalado. Nos doentes que tinham alta após algumas horas da administração do  $^{131}\text{I}$ , as doses efetivas em média eram de 100  $\mu\text{Sv}$  para adultos e em média de 200  $\mu\text{Sv}$  para crianças. Caso o contacto fosse 3 dias após administração do  $^{131}\text{I}$  as doses efetivas máximas eram de 10  $\mu\text{Sv}$  e de 20  $\mu\text{Sv}$  nas crianças. Os equivalentes de dose dos familiares/cuidadores monitorizados neste estudo não têm qualquer aproximação dos valores estimados por Schomäcker *et al.* (2011). No entanto, este estudo apresenta evidência da eliminação do  $^{131}\text{I}$  por exalação do doente.

Os limites de dose para as diferentes idades não foram atingidos por nenhum dos familiares cuidadores, o que corrobora os resultados de outros estudos realizados neste âmbito (Carvalho *et al.*, 2009; Pant *et al.*, 2006; Willegaignon *et al.*, 2011).

Referente à exposição interna, existe evidência que a distribuição da atividade específica de  $^{131}\text{I}$  na urina é a mesma entre as categorias de idades (idade grupo 10) dos familiares/cuidadores ( $\chi^2_{(1)} = 2,750$ ;  $p = 0,097$ ;  $n = 34$ ).

## Capítulo 8 - Conclusões

---

A exposição a radiações ionizantes tem no seu cerne a conotação da existência de alterações genéticas e efeitos letais, pela sua associação analógica a acidentes nucleares. No entanto, em várias áreas de intervenção, o recurso a radiações ionizantes ajuda na resposta a questões, no caso do presente estudo, de índole clínica.

Constatou-se através deste estudo realizado em duas instituições de saúde, localizadas geograficamente em diferentes regiões de Portugal e com algumas diferenças nos procedimentos da terapêutica com  $^{131}\text{I}$ , que os resultados obtidos são muito comparáveis entre ambas. Isto prova que apesar das linhas orientadoras aplicadas serem ligeiramente diferentes e adaptadas à realidade de cada serviço e da população abrangente, são cumpridos os limites regulamentados, nacional e internacionalmente.

Os valores medidos da dose de exposição externa são inferiores aos limites propostos pela ICRP 97 (1998), ICRP 94 (2004) e aos regulamentados em Portugal.

Os valores de exposição externa nos familiares/cuidadores dos doentes que realizaram terapêutica para hipertireoidismo é superior comparativamente aos valores de exposição dos familiares/cuidadores dos doentes que realizaram terapêutica para CDT.

É importante ter em consideração a idade e grau de parentesco entre os doentes e os familiares/cuidadores, os quais podem condicionar os limites de exposição. O IMC poderá ser mais bem analisado para avaliar a sua influência nos limites de exposição.

Existe exposição interna a  $^{131}\text{I}$  dos familiares/cuidadores, apesar de os valores medidos da concentração de atividade na urina devido a contaminação interna não representarem perigosidade radiológica para os indivíduos expostos.

Nos familiares/cuidadores a exposição externa e interna a  $^{131}\text{I}$  está diretamente relacionada com a atividade de  $^{131}\text{I}$  administrada ao doente e o débito de dose efetiva do doente medido a 1 metro de distância no momento da alta hospitalar.

Existe a necessidade de uma uniformização de alguns conceitos, é o caso de terapêutica ablativa da tiroide e terapêutica para metastização da tiroide à distância. Nestes casos administram-se altas ou baixas doses terapêuticas de  $^{131}\text{I}$ ?

## Recomendações

No final há recomendações que devem ser apontadas para futuras investigações:

- Monitorização de profissionais que trabalhem em zonas de manipulação de  $^{131}\text{I}$  ou próximo de doentes que realizaram procedimentos médicos com  $^{131}\text{I}$ ;
- Reprodução do estudo noutras patologias (e.g. neuroblastomas) que recorram à terapêutica com  $^{131}\text{I}$ ;
- Desenvolvimento de estudos que integrem amostras de familiares/cuidadores em idade pediátrica;
- Revisão dos limites regulados em Portugal, com base em estudos mais abrangentes realizados em diferentes regiões do país.

## Referências bibliográficas

---

1. ABRANTES, Alexandre; TAVARES, António; GODINHO, Joana - **Manual de métodos de investigação em saúde**. Lisboa : Associação Portuguesa dos Médicos de Clínica Geral, 1989
2. ACR - **ACR-SNM-SPR practice guideline for the performance of thyroid scintigraphy and uptake measurements: revised 2009** [Em linha]. Reston, VA : American College of Radiology, 2009 Disponível em WWW:<URL:[http://snmmi.files.cms-plus.com/docs/Thyroid\\_Scintigraphy\\_1382732120053\\_10.pdf](http://snmmi.files.cms-plus.com/docs/Thyroid_Scintigraphy_1382732120053_10.pdf)>.
3. AFONSO, Anabela; NUNES, Carla - **Probabilidades e estatística: aplicações e soluções em SPSS**. Lisboa : Escolar Editora, 2011. ISBN 978-972-592-299-6.
4. AGUIAR, Pedro - **Guia prático Climepsi de estatística em investigação epidemiológica: SPSS**. Lisboa : Climepsi Editores, 2007. ISBN 978-972-796-281-5.
5. AHMADI JESHVAGHANE, Nematollah *et al.* - Criteria for patient release according to external dose rate and residual activity in patients treated with <sup>131</sup>I-sodium iodide in Iran. **Radiation Protection Dosimetry**. 147:1–2 (2011) 264–266. doi: 10.1093/rpd/ncr305.
6. AKHTAR, Muhammad *et al.* - Estimation of time for release of patients after the administration of I-131 to thyrotoxicosis patients. **PJNM - Pakistan Journal of Nuclear Medicine**. 6:1 (2016) 1–8.
7. AL-JUBEH, Wal; SHAHEEN, Ansam; ZALLOUM, Othman - **Radioiodine I-131 for diagnosing and treatment of thyroid diseases**. Hebron : Palestine Polytechnic University, 2012
8. AL-MASKERY, Ibtisaam; BERERHI, Haddia - Radiation exposure levels in family members of Omani patients with thyrotoxicosis treated with radioiodine (<sup>131</sup>I) as outpatients. **Clinical & Basic Research**. 9:June (2009) 148–152.
9. APD - **Índice de Massa Corporal** [Em linha]. Lisboa : Associação Portuguesa de Dietistas, 2016 [Consult. 4 mar. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.apdietistas.pt/nutricao-saude/avaliar-o-seu-estado>>

10. AZIZMOHAMMADI, Zahra *et al.* - A study of the time of hospital discharge of differentiated thyroid cancer patients after receiving iodine-131 for thyroid remnant ablation treatment. **Hellenic Journal of Nuclear Medicine**. 16:2 (2013) 103–106. doi: 10.1967/s002449910081.
11. BAJÉN LÁZARO, Maria T. *et al.* - Tratamiento del hipertiroidismo. Em SORIANO CASTREJÓN, A.; MARTÍN-COMÍN, J.; GARCÍA VICENTE, A. M. (Eds.) - **Medicina Nuclear en la práctica clínica**. 2ª ed. Madrid : Grupo Aula Medica, 2012. ISBN 978-84-7885-558-2. p. 533–537.
12. BALON, Helena R. *et al.* - **Society of Nuclear Medicine procedure guideline for thyroid uptake measurement: version 3.0**. Reston, VA : Society of Nuclear Medicine, 2006
13. BARRINGTON, Sally F. *et al.* - Radiation exposure of the families of outpatients treated with radioiodine (iodine-131) for hyperthyroidism. **European Journal of Nuclear Medicine**. 26:7 (1999) 1–7.
14. BARRINGTON, Sally F. *et al.* - Measurement of the internal dose to families of outpatients treated with 131I for hyperthyroidism. **European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging**. 35:11 (2008) 2097–2104. doi: 10.1007/s00259-008-0892-0.
15. BEAGLEHOLE, Robert; BONITA, Ruth; KJELLSTRÖM, Tord - **Epidemiologia básica**. Lisboa : Escola Nacional de Saúde Pública, 2003. ISBN 972-98811-2-X.
16. BERHANE MENGHIS, Ruth *et al.* - **Radionuclide metabolic therapy: clinical aspects, dosimetry and imaging: a technologist's guide**. Vienna : European Association of Nuclear Medicine, 2013
17. BIONDI, Bernadette *et al.* - The 2015 European Thyroid Association Guidelines on Diagnosis and Treatment of Endogenous Subclinical Hyperthyroidism. **Eur Thyroid J**. 4:2015) 149–163. doi: 10.1159/000438750.
18. BOURGUET, Patrick - Organization and practice of nuclear medicine in Europe [powerpoint presentation]. Em **Canadian Association of Nuclear Medicine Annual Scientific Meeting, Québec, January 23-26, 2013** [Em linha]. Québec : Canadian Association of Nuclear Medicine, 2013 Disponível em

WWW:<URL:http://www.canm-acmn.ca/resources/Documents/Session  
4\_Bourguet, Patrick.pdf>.

19. BRAY, Freddie *et al.* - Estimates of global cancer prevalence for 27 sites in the adult population in 2008. **International Journal of Cancer**. 132:5 (2013) 1133–45. doi: 10.1002/ijc.27711.
20. BRAY, Freddie *et al.* - Global estimates of cancer prevalence for 27 sites in the adult population in 2008. **International Journal of Cancer**. 132:5 (2013) 1133–45. doi: 10.1002/ijc.27711.
21. BRAY, Freddie *et al.* - Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. **CA Cancer J Clin**. 68:6 (2018) 394–424. doi: 10.3322/caac.21492.
22. CANTERBURY DISTRICT HEALTH BOARD - **Radionuclide therapies: radioiodine (Iodine-131) therapy** [Em linha]. Christchurch, New Zealand : Canterbury District Health Board, 2015 [Consult. 23 jul. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://www.cdhb.health.nz/Hospitals-Services/Specialist-Care/Nuclear-Medicine/Radionuclide-Therapies/Pages/default.aspx>.
23. CARAPINHA, Maria J. F. R. - **Exposição de profissionais de saúde a radiações ionizantes: confiança dos profissionais nas leituras de dosimetria individual [Dissertação de Mestrado]** [Em linha]. Lisboa : Escola Nacional de Saúde Pública. Universidade Nova de Lisboa, 2009 Disponível em WWW:<URL:http://hdl.handle.net/10362/4296>.
24. CARVALHO, José *et al.* - Could the treatment of differentiated thyroid carcinoma with 3.7 and 5.55 GBq of (131I)NaI, on an outpatient basis, be safe? **Nuclear Medicine Communications**. 30:7 (2009) 533–41. doi: 10.1097/MNM.0b013e32832b79bc.
25. CAVALIERI, Ralph - Iodine metabolism and thyroid physiology: current concepts. **Thyroid**. 7:2 (1997) 177–181.
26. CHERRY, Simon R.; SORENSON, James; PHELPS, Michael E. - **Physics in nuclear medicine**. 4th. ed. Philadelphia, PA : Elsevier Saunders, 2012. ISBN 978-1-4160-5198-5.
27. CHOP - **Radioactive iodine ablation to treat thyroid disease: pediatric thyroid**

**Center at CHOP (6 of 9)** [Em linha]. Philadelphia, PA : The Children's Hospital of Philadelphia, 2012 [Consult. 9 jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.youtube.com/watch?v=04c4dXJRL1o>>.

28. CLARKE, Susan E. M. - Radioiodine therapy for benign thyroid disease. Em ELGAZZAR, ABDELHAMID H. (Ed.) - **The pathophysiologic basis of nuclear medicine**. 2nd. ed. Berlin : Springer, 2006. p. 409–535.
29. COMISSÃO EUROPEIA - **Protecção contra as radiações 97: protecção contra as radiações ionizantes após terapêutica com iodo-131 (exposições devidas a doentes ambulatoriais ou a doentes após receberem alta)**. Lisboa : Direcção-Geral do Ambiente, da Segurança Nuclear e da Protecção Civil, 1999
30. COOPER, David S. (ED.) - **Medical management of thyroid disease**. New York, NY : Marcel Dekker, 2001. ISBN 0-8247-0515-7.
31. COOPER, David S. *et al.* - Management guidelines for patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. **Thyroid**. 16:2 (2006) 109–42. doi: 10.1089/thy.2006.16.ft-1.
32. COOPER, David S. *et al.* - Revised American Thyroid Association management guidelines for patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. **Thyroid**. 19:11 (2009) 1167–214. doi: 10.1089/thy.2009.0110.
33. COSTA, Carlos; LOPES, Silvia - Produção hospitalar: a importância da complexidade e da gravidade. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**. 4:Temático (2004) 35–50.
34. COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM. **Official Journal of the European Communities**. L 13 (17-01-2014) 1-73
35. COUNCIL DIRECTIVE 76/579/EURATOM. **Official Journal of the European Communities**. L 187 (1-06-1976) 1-2
36. COUNCIL DIRECTIVE 79/343/EURATOM. **Official Journal of the European Communities**. L 83 (27-03-1979) 18.
37. COUNCIL DIRECTIVE 80/836/EURATOM. **Official Journal of the European Communities**. L 246 (15-07-1980) 1-Fasc. 03
38. COUNCIL DIRECTIVE 84/466/EURATOM. **Official Journal of the European**



**Communities. L 265 (3-09-1984) 1-3**

**39. COUNCIL DIRECTIVE 84/467/EURATOM. Official Journal of the European Communities. L 265 (3-09-1984) 4-156**

**40. COUNCIL DIRECTIVE 89/618/EURATOM. Official Journal of the European Communities. L 357 (27-11-1989) 31-34**

**41. COUNCIL DIRECTIVE 90/641/EURATOM. Official Journal of the European Communities. L 349 (4-12-1990) 21-25**

**42. COUNCIL DIRECTIVE 96/29/EURATOM. Official Journal of the European Communities. L 159 (29-06-1996) 1-114**

**43. COUNCIL DIRECTIVE 97/43/EURATOM. Official Journal of the European Communities. L 180 (07-07-1997) 22-27**

**44. CRANE, Peter - Radiation protection issues associated with outpatient treatment of thyroid cancer using high doses of iodine-131: the U.S. experience. Em International Conference on Radiation Protection in Medicine - Setting the Scene for the Next Decade. Bonn, Germany : IAEA, 2012**

**45. DECRETO-LEI N.º 144/2009. Diário da República. 1ª série. 188 (30-09-2014) 5108-5109**

**46. DECRETO-LEI N.º 153/1996. Diário da República. 1ª série. 164 (30-08-1996) 2833-2837.**

**47. DECRETO-LEI N.º 156/2013. Diário da República. 1ª série. 214 (05-11-2013) 6373-6385**

**48. DECRETO-LEI N.º 165/2002. Diário da República. 1ª série. 163 (17-07-2002) 5364-5370**

**49. DECRETO-LEI N.º 167/2002. Diário da República. 1ª série. 164 (18-07-2002) 5381-5392**

**50. DECRETO-LEI N.º 174/2002. Diário da República. 1ª Série. 170 (25-07-2002) 5473-5479**

**51. DECRETO-LEI N.º 180/2002. Diário da República. 1ª série . 182 (08-08-2002) 5707-5745**

52. DECRETO-LEI N.º 186/2009. **Diário da República. 1ª série . 186 (24-09-2009) 6818-6822**
53. DECRETO-LEI N.º 222/2008. **Diário da República. 1ª série. 223 (17-11-2008) 8000-8076**
54. DECRETO-LEI N.º 244/2002. **Diário da República. 1ª série. 244 (22-10-2002) 6847 - 6848**
55. DECRETO-LEI N.º 262/2012. **Diário da República. 1ª série . 243 (17-12-2012) 7093-7101**
56. DECRETO-LEI N.º 46/1986. **Diário da República. 1ª Série. 237 (04-10-1986) 3068-3086**
57. DECRETO-LEI N.º 85/2009. **Diário da República. 1ª série. 166 (27-08-2009) 5635-5636**
58. DEMIR, Mustafa *et al.* - The evaluation of urine activity and external dose rate from patients receiving radioiodine therapy for thyroid cancer. **Radiation Protection Dosimetry**. ISSN 0144-8420. 156:1 (2013) 25–29. doi: 10.1093/rpd/nct036.
59. DESPACHO N.º 9871/2010. **Diário da República. 2ª série. 113 (14-06-2010) 32123-32125**
60. DIAS, Maria Olívia - **O vocabulário do desenho de investigação: a lógica do processo em ciências sociais**. Viseu : Psicosoma, 2009. ISBN 978-972-8994-09-9.
61. DOTMED - **WM. B. Johnson GSM-110 Geiger Counter Radiation Meter**. New York, NY : DOTmed, 2018
62. DOWD, Steven; TILSON, Elwin - **Practical radiation: protection and applied radiobiology**. 2nd. ed. Philadelphia, PA : Elsevier Saunders, 1999
63. EANM - **Status of nuclear medicine in Europe - 2010: results of a survey compiled with the kind contribution of National societies**. Austria : European Association of Nuclear Medicine, 2012
64. EARY, Janet F.; BRENNER, Winfried (EDS.) - **Nuclear medicine therapy**. London : Informa Healthcare, 2007. ISBN 978-0-8247-2876-2.

65. EUROPEAN COMMISSION - **Radiation protection 97: radiation protection following iodine-131 therapy (exposures due to outpatients or discharged inpatients)**. Luxembourg : European Communities, 1998
66. FATIMA, Nosheen *et al.* - Factors predicting early release of thyroid cancer patients from the isolation room after radioiodine-131 treatment. **Asian Pacific Journal of Cancer Prevention**. 17:1 (2016) 125–129. doi: 10.7314/APJCP.2016.17.1.125.
67. FERLAY, Jacques *et al.* - **GLOBOCAN 2012 v1.0: cancer incidence and mortality worldwide: IARC CancerBase No. 11** [Em linha]. Lyon, France : International Agency for Research on Cancer, 2013 [Consult. 9 mai. 2018]. Disponível em WWW:<URL:<http://globocan.iarc.fr>>.
68. FERLAY, Jacques *et al.* - **GLOBOCAN 2012 v1.0, Cancer Incidence and Mortality Worldwide: IARC Cancer Base N.º 11** [Internet] [Em linha]. Lyon, France : International Agency for Research on Cancer, 2013, atual. 2013. [Consult. 9 mai. 2018]. Disponível em WWW:<URL:<http://globocan.iarc.fr>>.
69. FERLAY, Jacques *et al.* - Cancer incidence and mortality patterns in Europe: estimates for 40 countries in 2012. **European Journal of Cancer**. 49:6 (2013) 1374–1403. doi: 10.1016/j.ejca.2012.12.027.
70. FERLAY, Jacques *et al.* - Cancer incidence and mortality worldwide: sources, methods and major patterns in GLOBOCAN 2012. **International Journal of Cancer**. 136:5 (2015) E359–E386. doi: 10.1002/ijc.29210.
71. FERLAY, Jacques *et al.* - **Global Cancer Observatory: Cancer Today**. Lyon, France : International Agency for Research on Cancer, 2018
72. FERLAY, Jacques *et al.* - Estimating the global cancer incidence and mortality in 2018: GLOBOCAN sources and methods. **International Journal of Cancer**. 2018). doi: 10.1002/ijc.31937.
73. FILHO, Paulo F. *et al.* - **Segurança nuclear e proteção do meio ambiente**. Rio de Janeiro : Editora E-papers, 2004. ISBN 8587922815.
74. FISHER, Darrell *et al.* - **Patient release report**. Washington, DC : Advisory Committee on the Medical Use of Isotopes (ACMUI), 2010

75. FORTIN, Marie-Fabienne; CÔTÉ, José; FILION, Françoise - **Fundamentos e etapas do processo de investigação**. Loures : Lusodidacta, 2009. ISBN 978-989-80075-18-5.
76. G-I-N - **Guidelines International Network (G-I-N)**. Perthshire, Scotland : The Guidelines International Network, 2018
77. GHDX - **GBD results tool** [Em linha]. Seattle, WA : Global Health Data Exchange. University of Washington, 2017 [Consult. 18 abr. 2017]. Disponível em WWW:<URL:http://ghdx.healthdata.org/>.
78. GRIGSBY, Perry W. *et al.* - Radiation exposure from outpatient radioactive iodine (131I): therapy for thyroid carcinoma. **Journal of American Medical Association**. 284:17 (2000) 2272–2274.
79. GRÜNDEL, Michael; KOPKA, Benita; SCHULZ, Rainer - 131I exhalation by patients undergoing therapy of thyroid diseases. **Radiation Protection Dosimetry**. 129:4 (2007) 435–438. doi: 10.1093/rpd/ncm459.
80. HARBERT, John C.; WELLS, Sister Nola - Radiation exposure to the family of radioactive patients. **Journal of Nuclear Medicine**. 15:1 (1974) 887–888.
81. HAUGEN, Bryan R. *et al.* - 2015 American Thyroid Association Management guidelines for adult patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. **Thyroid**. 26:1 (2016) 1–133. doi: 10.1089/thy.2015.0020.
82. HAUGEN, Bryan R. - 2015 American Thyroid Association Management Guidelines for Adult Patients with Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer: What is new and what has changed? **Cancer**. . ISSN 10970142. 123:3 (2017) 372–381. doi: 10.1002/cncr.30360.
83. HEDINGER, Christoph; WILLIAMS, Edward D.; SOBIN, Llesli H. - **Histological typing of thyroid tumours**. 2nd. ed. New York, NY : Springer-Verlag, 1988. ISBN 0387192441.
84. HEDINGER, Christoph; WILLIAMS, Edward D.; SOBIN, Llesli H. - The WHO histological classification of thyroid tumors: a commentary on the second edition. **Cancer**. 63:5 (1989) 908–911.
85. HEWAMANNA, Rohini; LOGANATHAN, Naalini; PERERA, Kanthi A. - Releasing

thyroid cancer patients from the hospital based on dose rate measurement after <sup>131</sup>I activity administration. **Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka**. 42:2 (2014). doi: 10.4038/jnsfsr.v42i2.6993.

86. IAEA - **Practical radiation technical manual: individual monitoring**. Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency, 2004
87. IAEA - **Radiation oncology physics: a handbook for teachers and students**. 3rd. ed. Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency, 2005. ISBN 92-0-107304-6.
88. IAEA - **Nuclear medicine in thyroid cancer management: a practical approach**. Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency, 2009. ISBN 978-92-0-113108-9.
89. IAEA - **Release of patients after radionuclide therapy**. Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency, 2009. ISBN 978-92-0-108909-0.
90. IAEA - **Position statement release of patients after radionuclide therapy**. Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency, 2010
91. IAEA - **Radiation protection in nuclear medicine**. Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency, 2010
92. IAEA - **Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards general safety: No GSR part 3**. Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency, 2014. ISBN 978-92-0-135310-8.
93. ICCP - **GLOBOCAN 2018** [Em linha], atual. 2018. [Consult. 26 dez. 2018]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.iccp-portal.org/news/globocan-2018>>.
94. ICRP - **ICRP Publication 66: human respiratory tract model for radiological protection**. Oxford, UK : Pergamon Press, 1994
95. ICRP - **ICRP Publication 78: individual monitoring for internal exposure of workers: preface and glossary missing: International Commission on Radiological Protection**. Oxford, UK : Pergamon Press, 1997
96. ICRP - **Erratum to ICRP Publication 78: individual monitoring for internal exposure of workers: International Commission on Radiological Protection**. Oxford, UK : Pergamon Press, 1999

97. ICRP - **Errata for publications: 66, 68, 69, 71, 72, and 78: International Commission on Radiological Protection.** California, CA : SAGE Publications, 2002
98. ICRP - **Radiological protection after nuclear medicine procedures.** ISBN 0146-6453.
99. ICRP - **ICRP Publication 94: release of patients after therapy with unsealed radionuclides: International Commission on Radiological Protection.** Amsterdam, Netherlands : Elsevier, 2004. ISBN 0080445608.
100. ICRP - **ICRP Publication 99: low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk.** Oxford, UK : Pergamon Press, 2005
101. ICRP - **ICRP Publication 103: the 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.** Amsterdam, Netherlands : Elsevier, 2007
102. INE - **Classificação Portuguesa das Profissões 2010.** 2011. ed. Lisboa : Instituto Nacional de Estatística, 2011. ISBN 9789892500102.
103. ISHIGURE, Nobuhito - Calculation of retention and excretion of some selected radionuclides after acute intake by inhalation according to new ICRP Dose Estimation Models. **Journal of Nuclear Science and Technology.** 36:9 (1999) 830–838. doi: 10.1080/18811248.1999.9726273.
104. JOHANSSON, Lennart *et al.* - Biokinetics of iodide in man: refinement of current ICRP dosimetry models. **Cancer Biotherapy & Radiopharmaceuticals.** 18:3 (2003) 445–50. doi: 10.1089/108497803322285206.
105. KAPLAN, Lawrence A.; PESCE, Amadeo J. - **Clinical chemistry: theory, analysis, correlation.** 3rd. ed. St. Louis, MO : Mosby, 1996. ISBN 0-8151-5243-4.
106. KHALED, Elsayes M.; OLDHAM, Sandra A. A. - **Introduction to diagnostic radiology.** New York, NY : McGraw-Hill Education, 2014. ISBN 978-0-07-180180-5.
107. KHALED, Noha E. - Assessment of internal contamination with radioactive iodine for radiation workers two-case studies. **International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences.** 12:July (2012) 38–48.

108. KOCHOVSKA, Marina Zdraveska *et al.* - Estimated dose to family members of patients treated with radioiodine. **Radiation Protection Dosimetry**. 1 (2016) 1–5. doi: 10.1093/rpd/ncw138.
109. KOCHOVSKA, Marina Zdraveska; MAJSTOROV, Venjamin - Dosimetry to family members of patients treated with <sup>131</sup>I. **Medicinska Revija**. 6:1 (2014) 23–27.
110. KOCOVSKA, Marina Zdraveska *et al.* - Effective doses to family members of patients treated with radioiodine-131. **Journal of Physics: Conference Series**. 317:1 (2011) 012012. doi: 10.1088/1742-6596/317/1/012012.
111. KUSAKABE, Kiyoko *et al.* - Thyroid remnant ablation using 1,110 MBq of I-131 after total thyroidectomy: regulatory considerations on release of patients after unsealed radioiodine therapy. **Annals of Nuclear Medicine**. 26:4 (2012) 370–8. doi: 10.1007/s12149-012-0590-7.
112. LAHFI, Yehia; ANJAK, Osama - The impact of body mass index on the external dose rate from patients treated with radioiodine-131: a preliminary study. **Iranian Journal of Nuclear Medicine**. 23:2 (2015) 89–95.
113. LEE, Sun Y. *et al.* - Urinary iodine excretion and serum thyroid function in adults after iodinated contrast administration. **Thyroid**. 25:5 (2015) 471–477. doi: 10.1089/thy.2015.0024.
114. LEGGETT, Richard W. - A physiological systems model for iodine for use in radiation protection. **Radiation Research**. 174:4 (2010) 496–516. doi: 10.1667/RR2243.1.
115. LIMA, João J. P.; OLIVEIRA, A. - Dosimetria e efeitos biológicos da radiação. Em LIMA, JOÃO J. P. (Ed.) - **Física em medicina nuclear: temas e aplicações**. Coimbra : Imprensa da Universidade de Coimbra, 2008. ISBN 978-989-8074-26-3
116. LUSTER, Markus *et al.* - Guidelines for radioiodine therapy of differentiated thyroid cancer. **European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging**. 35:10 (2008) 1941–59. doi: 10.1007/s00259-008-0883-1.
117. MADRUGA, Maria José *et al.* - **Programas de monitorização radiológica ambiental: ano 2009. Relatório UPSR-A, n.º 37/10**. Sacavém : Instituto Tecnológico e Nuclear. Unidade de Proteção e Segurança Radiológica, 2010. ISBN 978-989-96542-5-9.

118. MAROCO, João - **Análise estatística com utilização do SPSS**. 3ª ed. Lisboa : Sílabo, 2010. ISBN 978-972-618-452-2.
119. MARRIOTT, Christopher J.; WEBBER, Colin E.; GULENCHYN, Karen Y. - Radiation exposure for «caregivers» during high-dose outpatient radioiodine therapy. **Radiation Protection Dosimetry**. 123:1 (2007) 62–67. doi: 10.1093/rpd/ncl084.
120. MATTSSON, Sören; SÖDERBERG, Marcus - Dose quantities and units for radiation protection. Em MATTSSON, SÖREN; HOESCHEN, CHRISTOPH (Eds.) - **Radiation protection in nuclear medicine**. Berlin : Springer, 2013. ISBN 978-3-642-31166-6. p. 7–18.
121. MCPARLAND, Brian J. - **Nuclear medicine radiation dosimetry**. London : Springer, 2010. ISBN 978-1-84882-125-5.
122. MEDICAL CONSULT - **Dosimetria individual** [Em linha]. Torres Vedras : Medical Consult, 2016 [Consult. 2 jul. 2018]. Disponível em WWW:<URL:http://www.medicalconsult.pt/servicos/dosimetria-individual>.
123. METROBRAS - **Dosímetro METROBRAS** [Em linha]. Santa Maria, RS : METROBRAS, 2018 [Consult. 3 jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://www.staffsul.com.br/dosimetria/dosimetro-metrobras>.
124. METTLER, Fred A. *et al.* - Nuclear medicine exposure in the United States, 2005-2007: preliminary results. **Seminars in Nuclear Medicine**. 38:5 (2008) 384–91. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2008.05.004.
125. MICHAEL TUTTLE, Robert *et al.* - Thyroid carcinoma: clinical practice guidelines in oncology. **Journal of the National Comprehensive Cancer**. 8:November (2010) 1228–1274.
126. MONSIEURS, Myriam *et al.* - Real-life radiation burden to relatives of patients treated with iodine-131: a study in eight centres in Flanders (Belgium). **European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging**. 25:10 (1998) 1368–1376. doi: 10.1007/s002590050310.
127. MONSON, Richard R. *et al.* - **Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII, Phase 2**. Washington, DC : National Academies Press, 2006. ISBN 0-309-09156-X.



128. MOUNTFORD, Peter J.; O'DOHERTY, Michael J. - Exposure of critical groups to nuclear medicine patients. **Applied radiation and isotopes**. 50:1 (1999) 89–111.
129. NCRP - Ionising radiation exposure of the population of the united states: NCRP Report n.º 160. **Radiation Protection Dosimetry**. 136:2 (2009) 136–138. doi: 10.1093/rpd/ncp162.
130. NCRP - **Ionizing radiation exposure of the population of the United States: NCRP Report No 160**. Bethesda, MA : National Council on Radiation Protection and Measurements, 2009
131. OLIVEIRA, Jetro P. D. *et al.* - Dosimetric analysis of persons accompanying nuclear medicine patients in the therapeutic room. **Radiologia Brasileira**. 41:1 (2008) 35–38. doi: 10.1590/S0100-39842008000100010.
132. PALOMA MUÑOZ, Azahara *et al.* - Técnicas de medicina nuclear en la valoración de la patología tiroidea. Em SORIANO CASTREJÓN, A.; MARTÍN-COMÍN, J.; GARCÍA VICENTE, A. M. (Eds.) - **Medicina Nuclear en la práctica clínica**. 2ª ed. Madrid : Grupo Aula Medica, 2012. p. 205–219.
133. PANASONIC - **Panasonic dosimetry**. Berkshire, UK : Panasonic Industrial Europe, 2018
134. PANT, Gauri S. *et al.* - Radiation dose to family members of hyperthyroidism and thyroid cancer patients treated with <sup>131</sup>I. **Radiation Protection Dosimetry**. 118:1 (2006) 22–7. doi: 10.1093/rpd/nci337.
135. PEEKHUNTHOD, Darunee *et al.* - Baseline quantity of <sup>131</sup>I, <sup>137</sup>Cs, <sup>134</sup>Cs and <sup>40</sup>K in urinary excretions from Thai people and internal exposure dose. **Journal of Physics**. 860:Conference series (2017) 012038. doi: 10.1088/1742-6596/860/1/012038.
136. PEREIRA, Jorge *et al.* - **Rede Nacional de Especialidade Hospitalar e de Referência Medicina Nuclear** [Em linha]. Lisboa : República Portuguesa, 2016 [Consult. 5 jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL:[https://www.sns.gov.pt/wp-content/uploads/2016/11/RNEHR\\_MN\\_final\\_12\\_08\\_2016.pdf](https://www.sns.gov.pt/wp-content/uploads/2016/11/RNEHR_MN_final_12_08_2016.pdf)>.
137. PERRINE, Cria G. *et al.* - Comparison of population iodine estimates from 24-hour urine and timed-spot urine samples. **Thyroid**. 24:4 (2014) 748–57. doi:

138. PETERSEN, Poul Erik - **WHO global oral health programme 2003: continuous improvement of oral health in the 21st century: the approach of the WHO global oral health programme**. Geneva : World Health Organization, 2003
139. PLATO, Phillip; JACOBSON, A. P.; HOMANN, Steven - In vivo thyroid monitoring for iodine-131 in the environment. **The International Journal of Applied Radiation and Isotopes**. 27:10 (1976) 539–545. doi: 10.1016/0020-708X(76)90024-7.
140. PORTUGAL. MS. ACSS - **Grande Categoria Diagnóstica (GCD): Portal da Codificação Clínica e dos GDH**. Lisboa : Administração Central dos Sistemas de Saúde, 2011
141. PORTUGAL. MS. DGS - **Portugal: doenças oncológicas em números 2014: programa nacional para as doenças oncológicas**. Lisboa : Direção-Geral da Saúde. Ministério da Saúde, 2014
142. PORTUGAL. MS. DGS - **Programas de saúde prioritários em números 2014**. Lisboa : Direção-Geral da Saúde. Ministério da Saúde, 2014
143. PORTUGAL. MS. DGS - **A saúde dos portugueses 2016**. Lisboa : Direção-Geral da Saúde. Ministério da Saúde, 2016
144. REINERS, Christoph; LASSMANN, Michael - Radioiodine (131I) treatment of hyperthyroidism: radiation protection and quality assurance. **European Journal of Nuclear Medicine**. 26:7 (1999) 683–685.
145. REIS, Arlene. Alves Dos; BERTELLI, Luiz; SOUSA, Wanderson Oliveira - Evaluation of reference urinary excretion concentrations of selected radionuclides corresponding to clinical decision guides for application in radiological and in nuclear emergencies. **Radiation Protection Dosimetry**. 175:1 (2017) 134–148. doi: 10.1093/rpd/ncw279.
146. RIBEIRO, José - **Investigação e avaliação em psicologia da saúde**. Lisboa : Climepsi Editores, 1999. ISBN 972-8449-44-5.
147. SAHA, Gopal - **Physics and radiobiology of nuclear medicine**. 2nd. ed. New

York, NY : Springer-Verlag, 2001. ISBN 0-387-95021-4.

148. SALGADO, Lucilia - Tratamiento del cáncer diferenciado de tiroides. Em SORIANO CASTREJÓN, A.; MARTÍN-COMÍN, J.; GARCÍA VICENTE, A. M. (Eds.) - **Medicina Nuclear en la práctica clínica**. 2ª ed. Madrid : Grupo Aula Medica, 2012. ISBN 978-84-7885-558-2. p. 523–531.
149. SALVATORI, Massimo; LUCIGNANI, Giovanni - Radiation exposure, protection and risk from nuclear medicine procedures. **European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging**. 37:6 (2010) 1225–31. doi: 10.1007/s00259-010-1474-5.
150. SANTOS, Marta; SILVA, Lidia - **Ensaio de uma amostra por espectrometria gama com detetores HPGe**. Loures : Laboratório de Proteção e Segurança Radiológica. Polo de Loures. Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2014
151. SANTOS, Marta; SILVA, Lidia; REIS, Mário - **Determinação da actividade de uma amostra por espectrometria gama com detectores HPGe**. Loures : Laboratório de Proteção e Segurança Radiológica. Polo de Loures. Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2011
152. SARKAR, Salil D. - Thyroid gland. Em ELGAZZAR, ABDELHAMID H. (Ed.) - **The pathophysiologic basis of nuclear medicine**. 2nd. ed. Berlin : Springer International Publishing, 2006. ISBN 978-3-540-23992-5. p. 209–221.
153. SAWIN, Clark T.; BECKER, David V. - Radioiodine and the treatment of hyperthyroidism: the early history. **Thyroid**. 7:2 (1997) 163–176.
154. SCHLUMBERGER, Martin *et al.* - 2012 European Thyroid Association guidelines for metastatic medullary thyroid cancer. **European Thyroid Journal**. 1:1 (2012) 5–14. doi: 10.1159/000336977.
155. SCHOMÄCKER, Klaus *et al.* - Exhalation of <sup>131</sup>I after radioiodine therapy: measurements in exhaled air. **European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging**. 38:12 (2011) 2165–72. doi: 10.1007/s00259-011-1888-8.
156. SCHONFELD, Sara J.; LEE, Choonsik; BERRINGTON DE GONZÁLEZ, Amy - Medical exposure to radiation and thyroid cancer. **Clinical Oncology**. 23:4 (2011) 244–250.

157. SEELEY, Rod R. *et al.* - **Anatomia e fisiologia**. 6ª ed. Loures : Lusociência, 2005. ISBN 9728930070.
158. SETIAN, Nuvarte - Hypothyroidism in children: diagnosis and treatment. **Jornal de Pediatria**. 83:Suppl 5 (2007) S209–S216. doi: 10.2223/JPED.1716.
159. SHERMAN, Steven I. - Thyroid carcinoma. **The Lancet - Seminar**. 361:February (2003) 501–511.
160. SILBERSTEIN, Edward B. *et al.* - **Society of Nuclear Medicine Procedure Guideline for Scintigraphy for differentiated papillary and follicular thyroid cancer** [Em linha]. Reston, VA : Society of Nuclear Medicine, 2006 [Consult. 3 jul. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://snmmi.files.cms-plus.com/docs/Scintigraphy for Differentiated Thyroid Cancer V3 0 (9-25-06).pdf>.
161. SILBERSTEIN, Edward B. *et al.* - The SNMMI practice guideline for therapy of thyroid disease with <sup>131</sup>I 3.0. **Journal of Nuclear Medicine**. 53:10 (2012) 1633–1651. doi: 10.2967/jnumed.112.105148.
162. SOLDIN, Offie Porat - Controversies in urinary iodine determinations. **Clinical biochemistry**. 35:8 (2002) 575–579.
163. SOUSA-UVA, António - **Diagnóstico e gestão do risco em saúde ocupacional**. Lisboa : Instituto da Saúde, Higiene e Segurança do Trabalho (ISHST), 2006. ISBN 989-8076-02-X.
164. STABIN, Michael G. - **Fundamentals of nuclear medicine dosimetry**. New York, NY : Springer, 2008. ISBN 978-0-387-74578-7.
165. STEEL, George - **Basic clinical radiobiology**. Oxford : Oxford University Press, 2002. ISBN 978-0-340-80783-5.
166. STEPHEN AMIS, Edward *et al.* - American College of Radiology white paper on radiation dose in medicine. **JACR - Journal of the American College of Radiology**. 4:5 (2007) 272–84. doi: 10.1016/j.jacr.2007.03.002.
167. STERNQUIST, Greg - **Syndromes of hormone resistance on the hypothalamic-pituitary-thyroid axis**. Boston, MA : Springer US, 2004. ISBN 978-1-4757-1065-6.
168. STOKKEL, Marcel P. M. *et al.* - EANM procedure guidelines for therapy of

benign thyroid disease. **European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging**. 37:11 (2010) 2218–28. doi: 10.1007/s00259-010-1536-8.

169. TANGIENT - **Radiação: poder de penetração das diferentes radiações ionizantes** [Em linha]. San Francisco, CA : Tangient, 2018, atual. 2018. [Consult. 28 jun. 2015]. Disponível em WWW:<URL:<http://biosafety-level.wikispaces.com/Radiação>>.
170. TUBIANA, Maurice *et al.* - Recent reports on the effect of low doses of ionizing radiation and its dose-effect relationship. **Radiation and Environmental Biophysics**. 44:4 (2006) 245–51. doi: 10.1007/s00411-006-0032-9.
171. UICC - **TNM: classification of malignant tumours**. Geneva : Union for International Cancer Control, 2018
172. UNSCEAR - **Effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2006 report to the General Assembly with scientific annexes: volume I**. New York, NY : United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2008. ISBN 9789211422634.
173. UNSCEAR - **Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2008 report to the General Assembly with scientific annexes: volume I**. New York, NY : United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2010. ISBN 9789211422740.
174. UNSCEAR - Annex A: Medical radiation exposures. Em UNSCEAR (Ed.) - **Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2008 report to the General Assembly with scientific annexes: volume I**. New York, NY : United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2010. ISBN 9789211422740. p. 21–220.
175. UNSCEAR - Annex B: Exposures of the public and workers from various sources of radiation. Em UNSCEAR (Ed.) - **Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2008 report to the General Assembly with scientific annexes: volume I**. New York, NY : United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2010. ISBN 9789211422740. p. 223–463.
176. UNSCEAR - **Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2010: fifty-seventh session, includes scientific report: summary of low-dose radiation effects on health**. New York, NY :

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2011. ISBN 9789216420109.

177. UNSCEAR - Annex A: Attributing health effects to ionizing radiation exposure and inferring risks. Em UNSCEAR (Ed.) - **Sources and effects of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2012 Report: report to the General Assembly**. New York, NY : United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2015. p. 1–92.
178. VAISERMAN, Alexander M. - Radiation hormesis: historical perspective and implications for low-dose cancer risk assessment. **Dose-response : a publication of International Hormesis Society**. . ISSN 1559-3258. 8:2 (2010) 172–91. doi: 10.2203/dose-response.09-037.Vaiserman.
179. VANDERPUMP, Mark P. J. - The epidemiology of thyroid disease. **British Medical Bulletin**. 99:1 (2011) 39–51. doi: 10.1093/bmb/ldr030.
180. WAGNER, Henry N. - **A personal history of nuclear medicine**. Baltimore, MD, USA : Springer, 2006. ISBN 9781852339722.
181. WAKEFORD, Richard - Radiation effects: modulating factors and risk assessment: an overview. Em **ICRP 2011 Proceedings: Proceedings of the First ICRP Symposium on the International System of Radiological Protection**. Amsterdam, Netherlands : Elsevier, 2012. ISBN 0146-6453. p. 98–107.
182. WARTOFSKY, Leonard - Increasing world incidence of thyroid cancer: increased detection or higher radiation exposure? **Hormones**. 9:2 (2010) 103–8.
183. WHO - **Body mass index: BMI** [Em linha]. Copenhagen : World Health Organization, 2015 [Consult. 5 nov. 2015]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi>>.
184. WHO - **Ionizing radiation, health effects and protective measures**. Copenhagen : World Health Organization, 2016
185. WILLEGAIGNON, José *et al.* - A new proposal for monitoring patients in nuclear medicine. **Health physics**. . ISSN 0017-9078. 91:6 (2006) 624–9. doi: 10.1097/01.HP.0000225467.10064.34.

186. WILLEGAIGNON, José *et al.* - Outpatient radioiodine therapy for thyroid cancer: a safe nuclear medicine procedure. **Clinical Nuclear Medicine**. 36:6 (2011) 440–5.
187. WRIXON, Anthony D. - New ICRP recommendations. **Journal of Radiological Protection**. 28:2 (2008) 161–168. doi: 10.1088/0952-4746/28/2/R02.
188. ZEHTABIAN, Marina *et al.* - Measurement of the Dose to the Family Members Taking Care of Thyroid Cancer Patients Undergoing I-131 Therapy in Nuclear Medicine Using TLD-100. **Radiation Protection Dosimetry**. 174:4 (2016) 1–4. doi: 10.1093/rpd/ncw242.





## Anexos

---



## Anexo 1. Proteção radiológica e dosimetria - Unidades e grandezas

Há conceitos que é fundamental serem definidos, para uma melhor percepção aquando da sua aplicação. Para efeitos da presente tese, entende-se por:

- **Atividade (A)** – a atividade de uma certa quantidade de um radionuclídeo num

$$A = \frac{dN}{dt} \quad \text{Eq. 19}$$

determinado estado energético e num dado momento:

em que  $dN$  é o valor esperado do número de transições nucleares que ocorrem a partir desse estado energético no intervalo de tempo  $dt$ . A unidade de atividade no Sistema Internacional de Unidades (SI) é por segundo ( $s^{-1}$ ) e o seu nome especial é Becquerel (Bq) (ICRP, 2007).

- **Becquerel (Bq)** – designação específica da unidade de medida segundo o SI para a atividade. Um Becquerel equivale a uma transição nuclear por segundo:  $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$  (ICRP, 2007).
- **Dose absorvida (D)** – a energia absorvida por unidade de massa, que se define

$$D = \frac{d\bar{E}}{dm} \quad \text{Eq. 20}$$

por:

onde  $d\bar{E}$  é a energia média cedida pelas radiações ionizantes à matéria num elemento de volume,  $dm$  é a massa da matéria contida nesse elemento de volume. A unidade de dose absorvida é o Gray (Gy) em que  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$  (ICRP, 2007).

- **Dose efetiva (E)** – é a soma das doses equivalentes ponderadas em todos os tecidos e órgãos do corpo, resultante de irradiação interna e externa, e que é

$$E = \sum_T w_T * H_T = \sum_T w_T * \sum_R w_R * D_{T,R} \quad \text{Eq. 21}$$

definida por:

onde  $D_{T,R}$  é a dose absorvida média no tecido ou órgão  $T$ , em resultado da radiação  $R$ ,  $w_R$  é o fator de ponderação para o tipo de radiação e  $w_T$  é o fator de ponderação tecidual para o tecido ou órgão  $T$ . A unidade de medida para a dose equivalente é  $\text{J.kg}^{-1}$  e a sua designação especial é Sievert (Sv) (ICRP, 2007).

- **Dose equivalente ( $H_T$ )** – dose absorvida no tecido ou órgão  $T$ , ponderada em

$$H_{T,R} = w_R \times D_{T,R} \quad \text{Eq. 22}$$

função do tipo e qualidade de radiação  $R$ , definida por:

onde  $D_{T,R}$  é a dose absorvida média no tecido ou órgão  $T$ , e  $w_R$  é o fator de ponderação do tipo de radiação. A unidade de medida para a dose equivalente é  $\text{J.kg}^{-1}$  e a sua designação especial é Sievert (Sv).

- **Equivalente de dose individual,  $H_p(d)$**  – uma quantidade operacional: a equivalente dose em tecido mole a uma profundidade adequada  $d$ , abaixo de um ponto especificado no corpo humano. O ponto especificado é geralmente dado pela posição em que o dosímetro da pessoa é usado. A unidade de medida é o Sievert (Sv) (ICRP, 2007).
- **Exposição**, ato de expor ou o facto de estar exposto a radiações ionizantes emitidas fora do corpo humano (e.g. exposição externa) ou dentro do corpo humano (exposição interna) (ICRP, 2007).
- **Exposição médica** – exposição a que estão sujeitos os pacientes ou os indivíduos assintomáticos no âmbito dos seus próprios diagnósticos ou tratamentos médicos ou odontológicos, com o objetivo de proporcionar um benefício para a sua saúde, bem como a exposição a que estão sujeitos os indivíduos que participam no apoio e no reconforto e os voluntários que participam em atividades de investigação médica ou biomédica (ICRP, 2007).
- **Exposição pública** – exposição em membros do público a partir de fontes de radiação, excluindo qualquer exposição ocupacional ou médica e a radiação natural local normal (ICRP, 2007).
- **Extremidades** – são consideradas as mãos, os antebraços, os pés e os tornozelos (Council Directive 2013/59/EURATOM, 2014).

- **Fonte selada** – fonte radioativa em que o material radioativo está permanentemente selado numa cápsula ou está integrado numa estrutura sólida a fim de impedir, em circunstâncias normais de utilização, qualquer dispersão de substâncias radioativas (ICRP, 2007).
- **Incorporação** (*intake*, em inglês) – de um radionuclídeo é a atividade que entra no corpo através do sistema respiratório, sistema gastrointestinal ou da pele. A incorporação pode ser aguda ou crónica (ICRP, 2007).
  - Incorporação aguda: resulta de uma única inalação ou ingestão, que ocorreu instantaneamente;
  - Incorporação crónica: resulta de uma incorporação que decorreu ao longo de um período de tempo específico.
- **Kerma** – é o acrónimo para "energia cinética libertada por unidade de massa" (do inglês *kinetic energy released per unit mass*), definida como o quociente da soma das energias cinéticas ( $dE_{tr}$ ) iniciais de todas as partículas carregadas libertadas pela radiação ionizante não carregada numa amostra de matéria, e a massa ( $dm$ ) da amostra.

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm} \quad \text{Eq. 23}$$

A unidade para kerma é joule por quilograma ( $\text{J.kg}^{-1}$ ) e a sua designação especial é Gray (Gy) (ICRP, 2007).

- **LET** – taxa de Transferência Linear de Energia média pela radiação incidente no meio por unidade de percurso num determinado meio, ou seja:

$$LET = \frac{dE}{dl} \quad \text{Eq. 24}$$

onde  $dE$  é a energia média perdida por uma partícula carregada devido há colisão com eletrões ao atravessar uma distância  $dl$  na matéria. A unidade de LET é o  $\text{J.m}^{-1}$ , habitualmente expressa em  $\text{keV.}\mu\text{m}^{-1}$  (IAEA, 2005; ICRP, 2007).

- **Limite de dose** – o valor da dose efetiva (se aplicável, da dose efetiva comprometida) ou da dose equivalente, num determinado período de tempo e que não pode ser excedido para cada indivíduo (ICRP, 2007).

- **Modelos biocinéticos** – são modelos compartimentais utilizados na avaliação da dosimetria interna e aplicados na avaliação da dose de radionuclídeos incorporados. Descrevem a captação, distribuição, retenção e excreção do radionuclídeo no corpo. A dose efetiva é calculada a partir da incorporação do radionuclídeo e ponderada com coeficientes de dose efetiva tabelados (ICRP, 2007).
- **Pessoa exposta** – a ICRP diferencia três categorias de exposição pessoal os: trabalhadores (indivíduos informados), o público (indivíduos em geral) e pacientes, incluindo os seus cuidadores e visitantes (ICRP, 2007).
- **Restrição de dose** – limitação das doses prospectivas recebidas pelos indivíduos que possam ser provenientes de uma determinada fonte, em que a restrição de dose se destina a ser utilizada na fase de planeamento da proteção contra as radiações, sempre que se pretenda atingir a sua otimização (ICRP, 2007).
- **Risco relativo excessivo** – taxa de doença numa população exposta dividida pela taxa de doença numa população não exposta, menos 1,0. Este parâmetro é frequentemente expresso como o excesso de risco relativo por Gy ou por Sv (Monson *et al.*, 2006).
- **Risco** – no contexto dos efeitos na saúde, quando relacionados com radiação, refere-se à probabilidade de um evento de interesse ser prospectivo de ocorrer num determinado período de tempo após exposição a radiação (ICRP, 2007; UNSCEAR, 2015).
- **Sievert (Sv)** – designação especial da unidade do SI de dose equivalente, dose efetiva e dose operacional. Um Sievert equivale a um joule por quilograma:  $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$  (ICRP, 2007).
- **Trabalhador** – qualquer pessoa que esteja empregada, seja a tempo inteiro, a tempo parcial ou temporário, por um empregador e que tenha reconhecido os direitos e deveres em relação à proteção radiológica ocupacional (ICRP, 2007).

## Anexo 2. Enquadramento legal do direito nuclear

Os princípios de proteção contra as radiações assentam em três pilares fundamentais (ICRP, 2007):

- Justificação das práticas;
- Otimização da proteção a que está associado o princípio ALARA;
- Limitação de dose.

A proteção contra as radiações é gerida pela interação de vários organismos como órgãos reguladores, órgãos científicos consultivos e potenciais utilizadores desta tecnologia (Stabin, 2008).

Os órgãos científicos consultivos não têm autoridade nem poder regulador. No entanto, as suas recomendações servem de base à regulamentação a adotar na proteção contra as radiações pelos órgãos reguladores (Stabin, 2008). Destacam-se como órgãos científicos consultivos a ICRP, NCRP, IAEA, *National Academy of Sciences* (NAS), UNSCEAR e ICRU (Stabin, 2008).

Exemplos de órgãos de índole reguladora são a *U.S. Food and Drug Administration* (FDA), a *U.S. Nuclear Regulatory Commission* (Stabin, 2008) e diversas entidades reguladoras nacionais em múltiplos países.

Ao nível da União Europeia a preparação da regulamentação e legislação nuclear (incluindo a vertente Proteção e Segurança Radiológica) sob a forma de Diretivas é coordenada pela Comissão Europeia no âmbito do Tratado EURATOM (firmado em 1957), visando estabelecer normas básicas de segurança relativamente à proteção da saúde, no que respeita aos perigos resultantes das radiações ionizantes, sobre os trabalhadores e população em geral.

Portugal como Estado-Membro da União Europeia, segue a regulamentação e os princípios orientadores da União Europeia e tem de os transpor para a legislação portuguesa.

### **Diretivas da União Europeia**

Como reconhecido pelo Tribunal de Justiça da União Europeia na sua jurisprudência, as obrigações impostas à Comunidade pela alínea b) do artigo 2.º do Tratado EURATOM, que estabelecem normas de segurança uniformes para proteger a saúde dos trabalhadores e do público em geral, não excluem que, a menos que explicitamente indicado nas normas, os Estados-Membros prevejam uma proteção

mais rigorosa. A Diretiva 2013/59/EURATOM (Council Directive 2013/59/EURATOM, 2014) prevê regras mínimas, mas

[...] os Estados-Membros são livres de adotar ou manter medidas mais rigorosas na matéria abrangida pela presente diretiva, sem prejuízo da livre circulação de mercadorias e serviços no mercado interno, conforme definido na jurisprudência do Tribunal de Justiça. (Council Directive 2013/59/EURATOM, 2014, p. L 13/1)

A Diretiva 96/29/EURATOM do Conselho de 13 de Maio, fixou que as normas de segurança de base relativas à proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes, e a Diretiva 97/43/EURATOM do Conselho de 30 de Junho, relativa à proteção da saúde das pessoas contra os perigos resultantes de radiações ionizantes em exposições radiológicas médicas, serviram de base para a redação da atual regulamentação e legislação nacionais sobre proteção e segurança radiológica.

A Diretiva 2013/59/EURATOM, pelo artigo 107.º, revoga com efeitos a partir de 6 de Fevereiro de 2018 as Diretivas 89/618/EURATOM, 90/641/EURATOM, 96/29/EURATOM, 97/43/EURATOM e 2003/122/EURATOM (Council Directive 2013/59/EURATOM, 2014).

A Figura 102 apresenta a lista das Diretivas da União Europeia quanto à Proteção e Segurança contra Radiações. O âmbito de cada uma das Diretivas pode ser consultado no Anexo 3.

---

**União Europeia**

- documentos de referência

Diretiva 76/579/EURATOM, de 01 de Junho  
Diretiva 79/343/EURATOM, de 27 de Março  
Diretiva 80/836/EURATOM, de 15 de Julho  
Diretiva 84/466/EURATOM, de 15 de Julho  
Diretiva 84/467/EURATOM, de 03 de Setembro  
Diretiva 89/618/EURATOM, de 27 de Novembro  
Diretiva 90/641/EURATOM, de 04 de Dezembro  
Diretiva 96/29/EURATOM, de 13 de Maio  
Diretiva 97/43/EURATOM, de 30 de Junho  
Diretiva 2013/59/EURATOM, de 5 de Dezembro

---

**Figura 102. Diretivas da União Europeia referentes à proteção e segurança contra radiações**



## **Legislação nacional**

A regulamentação relativa à proteção contra radiações ionizantes, fundamentada nas normas básicas de segurança estabelecidas no direito comunitário teve a sua transposição, a nível nacional, através do Decreto-Lei n.º 348/89 de 12 de Outubro e do Decreto Regulamentar n.º 9/90 de 19 de Abril, que determinam os princípios e as normas pelas quais se devem reger as ações de prevenção e de proteção contra os efeitos nocivos da exposição radiológica. Isto originou a definição de competências e áreas de atuação que permitissem dar resposta a

[...] situações que vão desde a proteção dos trabalhadores, do público e dos pacientes, submetidos a exames ou tratamentos médicos que recorram a radiações ionizantes, até a emergências radiológicas que possam atingir pessoas e bens no território.

O desenvolvimento contínuo do conhecimento científico e da prática administrativa, na área da proteção radiológica, tornou conveniente a revisão das normas de base e a sua codificação num novo acto legislativo, pelo que o Conselho da União Europeia aprovou a Diretiva n.º 96/29/EURATOM, em 13 de Maio. (Decreto-Lei n.º 165/2002 de 17/07, p. 5364)

O Decreto-Lei 165/2002 de 17 de Julho surge com vista à transposição da Diretiva n.º 96/29/EURATOM, em 13 de Maio, tendo em conta o Decreto-Lei n.º 348/89 e o Decreto Regulamentar n.º 9/90 e define os organismos e serviços intervenientes para a sua aplicação.

É da responsabilidade do Ministério da Saúde desenvolver ações genéricas na área da proteção contra radiações, cabendo à Direção-Geral da Saúde a coordenação de medidas destinadas a assegurar em todo o território nacional a proteção das pessoas e bens contra os efeitos prejudiciais da exposição. Os organismos e serviços intervenientes no âmbito da segurança e proteção contra as radiações, citam-se no Decreto-Lei 165/2002 de 17 de Julho.

A Figura 103 apresenta a lista de documentos de referência do direito nuclear em Portugal. O âmbito de cada um dos documentos pode ser consultado no Anexo 3.

No referente ao  $^{131}\text{I}$ , a sua manipulação requer a existência de licenciamento por parte das organizações de saúde que o manuseiam e os profissionais de saúde necessitam de possuir competências profissionais para tal (Silberstein *et al.*, 2012).

Os profissionais de saúde envolvidos na terapêutica com  $^{131}\text{I}$  devem estar cientes e agir em conformidade com as leis e regulamentos aplicáveis em vigor (Silberstein *et al.*, 2012).

---

**Portugal**

- documentos  
de referência

Decreto-Lei n.º 26/93, de 18 de Agosto  
Decreto-Lei n.º 36/95, de 14 de Fevereiro  
Decreto-Lei n.º 95/95, de 9 de Maio  
Decreto-Lei n.º 153/96, de 30 de Agosto  
Decreto-Lei n.º 311/98, de 14 de Outubro  
Decreto-Lei n.º 165/2002, de 17 de Julho  
Decreto-Lei n.º 167/2002, de 18 de Julho  
Decreto-Lei n.º 174/2002, de 25 de Julho  
Decreto-Lei n.º 180/2002, de 8 de Agosto  
Decreto-Lei n.º 138/2005, de 17 de Agosto  
Decreto-Lei n.º 140/2005, de 17 de Agosto  
Decreto-Lei n.º 38/2007, de 19 de Fevereiro  
Decreto-Lei n.º 215/2008, de 10 de Novembro  
Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de Novembro  
Decreto-Lei n.º 227/2008, de 25 de Novembro  
Decreto-Lei n.º 145/2009, de 17 de Junho  
Decreto-Lei n.º 198/2009, de 26 de Agosto  
Decreto-Lei n.º 279/2009, de 6 de Outubro  
Decreto-Lei n.º 41-A/2010, de 29 de Abril  
Decreto-Lei n.º 72/2011, de 16 de Junho  
Decreto-Lei n.º 56/2012, de 12 de Março  
Decreto-Lei n.º 262/2012, de 17 de Dezembro  
Decreto-Lei n.º 79/2013, de 11 de Junho  
Decreto-Lei n.º 151-B/2013, de 31 de outubro  
Decreto-Lei n.º 156/2013, de 5 de Novembro  
Decreto-Lei n.º 74/2014, de 13 de Maio

---

Decreto Regulamentar n.º 9/90, de 19 de Abril  
Decreto Regulamentar n.º 3/92, de 6 de Março  
Decreto Regulamentar n.º 34/92, de 04 de Dezembro  
Decreto Regulamentar n.º 29/97, de 29 de Julho

---

Lei n.º 102/2009, de 10 de Setembro  
Lei n.º 19/2014, de 14 de Abril

---

Portaria n.º 229/96, de 26 de Junho  
Portaria n.º 596/2009, de 5 de Junho  
Portaria n.º 1106/2009, de 24 de Setembro  
Portaria n.º 44/2015, de 10 de Março

---

Despacho do Gabinete da Ministra da Saúde n.º 8934/97, de 9 de Outubro  
Despacho n.º 6402/2010, de 12 de Abril

---

Circular Normativa n.º 14/DSA, de 30 de Outubro de 2002  
Circular Normativa n.º 6/DSA, de 6 de Abril de 2003

---

**Figura 103. Enquadramento legal do direito nuclear em Portugal**

## **Anexo 3. Diretivas comunitárias e direito interno sobre radiações ionizantes**

### **Diretivas Comunitárias**

- **Diretiva 76/579/EURATOM, de 01 de Junho** – Estabelece as normas de segurança básicas revistas para a proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes (Council Directive 76/579/EURATOM, 1976).
- **Diretiva 79/343/EURATOM, de 27 de Março** – Altera a Diretiva 76/579/EURATOM que estabelece as normas de segurança básicas revistas para a proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes (Council Directive 79/343/EURATOM, 1979).
- **Diretiva 80/836/EURATOM, de 15 de Julho** – Altera as diretivas que fixam as normas de base relativas à proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes (Council Directive 80/836/EURATOM, 1980).
- **Diretiva 84/466/EURATOM, de 15 de Julho** – Determina as medidas fundamentais relativas à proteção contra radiações das pessoas submetidas a exames e tratamentos médicos (Council Directive 84/466/EURATOM, 1984).
- **Diretiva 84/467/EURATOM, de 03 de Setembro** – Altera a Diretiva 80/836/EURATOM no que respeita às normas de base relativas à proteção da saúde da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes (Council Directive 84/467/EURATOM, 1984).
- **Diretiva 89/618/EURATOM, de 27 de Novembro** – Relativa à informação da população sobre as medidas de proteção sanitária aplicáveis e sobre o comportamento a adotar em caso de emergência radiológica (Council Directive 89/618/EURATOM, 1989).
- **Diretiva 90/641/EURATOM, de 04 de Dezembro** – Relativa à proteção dos trabalhadores externos sujeitos ao risco de radiações ionizantes durante a intervenção numa zona controlada (Council Directive 90/641/EURATOM, 1990).
- **Diretiva 96/29/EURATOM, de 13 de Maio** – Jornal Oficial n.º L159 de 29/06/1996 Páginas 1 a 114. Fixa as normas de segurança de base relativas à proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes (Council Directive 96/29/EURATOM, 1996).
- **Diretiva 97/43/EURATOM, de 30 de Junho** – Jornal Oficial n.º L 180 de 09/07/1997 Páginas 22 a 27. Relativa à proteção da saúde das pessoas contra os perigos resultante de radiações ionizantes em exposições radiológicas médicas e

que revoga a Diretiva 84/466/EURATOM (Council Directive 97/43/EURATOM, 1997).

- **Diretiva 2013/59/EURATOM, de 5 de Dezembro** – Jornal Oficial n.º L13 de 17/01/2014 Páginas 1 a 73. Fixa as normas de segurança de base relativas à proteção contra os perigos resultantes da exposição a radiações ionizantes, e que revoga as Diretivas 89/618/EURATOM, 90/641/EURATOM, 96/29/EURATOM, 97/43/EURATOM e 2003/122/EURATOM (Council Directive 2013/59/EURATOM, 2014).

## **Direito Interno**

- **Decreto-Lei n.º 26/93, de 18 de Agosto** – Aprova, para ratificação, a Convenção n.º 115 da Organização Internacional do Trabalho relativa à proteção dos trabalhadores contra as radiações ionizantes.
- **Decreto-Lei n.º 36/95, de 14 de Fevereiro** – Transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 89/618/EURATOM relativa à informação da população sobre medidas de proteção sanitária aplicáveis em caso de emergência radiológica .
- **Decreto-Lei n.º 38/2007, de 19 de Fevereiro** – O presente Decreto-Lei estabelece o regime jurídico da prevenção da exposição dos trabalhadores e do público a radiações ionizantes resultantes de um controlo inadequado das fontes radioativas seladas e transpõe a Diretiva n.º 2003/122/EURATOM, do Conselho, de 22 de Dezembro.
- **Decreto-Lei n.º 41-A/2010, de 29 de Abril**, revisto pela última vez pelo Decreto-Lei 19A/2014 – Estabelece as regras aplicáveis, nomeadamente, à proteção radiológica durante o transporte de materiais radioativos por terra, transpondo as Diretivas 2006/90 / CE e 2008/68 / CE.
- **Decreto-Lei n.º 56/2012, de 12 de Março** – Regulamenta o funcionamento e as atribuições da Agência Portuguesa do Ambiente, confirmando as relativas a situações de emergência radiológica.
- **Decreto-Lei n.º 72/2011, de 16 de Junho** – O presente Decretos-Lei altera o Decreto-Lei n.º 180/2002, de 8 de Agosto, alterado pelos Decretos-Leis nos 215/2008, de 10 de Novembro, e 279/2009, de 6 de Outubro, no que se refere à definição de físico qualificado em física médica e às normas que estabelecem os requisitos de funcionamento das suas instalações no âmbito do processo de licenciamento.
- **Decreto-Lei n.º 74/2014, de 13 de Maio** – O presente Decreto-Lei estabelece o regime jurídico da avaliação de impacte ambiental (AIA) dos projetos públicos e privados suscetíveis de produzirem efeitos significativos no ambiente, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2011/92/UE, do Parlamento Europeu e

do Conselho, de 13 de Dezembro de 2011, relativa à avaliação dos efeitos de determinados projetos públicos e privados no ambiente.

- **Decreto-Lei n.º 79/2013, de 11 de Junho** – (Revisto pelo Decreto-Lei n.º 119/2014, de 6 de Agosto) O presente Decreto-Lei procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 79/2013, de 11 de Junho, que estabelece regras relativas à restrição da utilização de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrónicos, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2011/65/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de Junho de 2011, relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em EEE, alterada pelas Diretivas Delegadas n.º 2012/50/UE e n.º 2012/51/UE, ambas da Comissão, de 10 de Outubro de 2012.
- **Decreto-Lei n.º 95/95, de 9 de Maio** – que estabelece as regras a que deve obedecer a instalação de equipamento médico pesado, definindo critérios de programação e de distribuição territorial.
- **Decreto-Lei n.º 138/2005, de 17 de Agosto** – Estabelece um sistema de monitoramento ambiental de níveis de radioatividade na atmosfera, águas e do solo.
- **Decreto-Lei n.º 140/2005, de 17 de Agosto** – Estabelece as normas de segurança de base relativas à proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes.
- **Decreto-Lei n.º 145/2009, de 17 Junho** – “Estabelece regras relativas, nomeadamente, proteção radiológica em dispositivos médicos e acessórios, que transpõe a Diretiva 2007/47/CE”.
- **Decreto-Lei n.º 151-B/2013, de 31 de Outubro** – “(Revisto pelo Decreto-Lei 47/2014, de 24 de Março) O presente Decreto-Lei estabelece o regime jurídico da avaliação de impacte ambiental (AIA) dos projetos públicos e privados suscetíveis de produzirem efeitos significativos no ambiente, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2011/92/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de Dezembro de 2011, relativa à avaliação dos efeitos de determinados projetos públicos e privados no ambiente”.
- **Decreto-lei 153/96, de 30 de Agosto** – “O Decreto-Lei n.º 348/89, de 12 de Outubro, e o Decreto Regulamentar n.º 9/90, de 19 de Abril, consubstanciaram uma fase importante no desenvolvimento de vastos segmentos do corpo normativo relativo à regulação jurídica das actividades susceptíveis de envolver risco de exposição radiações ionizantes ou de contaminação radioactiva, tais como o licenciamento da entrada em funcionamento de equipamentos ou a apreciação de programas de protecção, segurança, acidente, emergência, assistência médica e exposição para fins de diagnóstico e terapia” (Decreto-lei n.º 153/1996, 1996) .
- **Decreto-Lei n.º 156/2013, de 5 de Novembro** – “Estabelece um quadro comunitário para a gestão responsável e segura do combustível irradiado e dos resíduos radioativos” (Decreto-Lei n.º 156/2013, 2013).

- **Decreto-Lei n.º 165/2002, de 17 de Julho** – “Estabelece as competências dos organismos intervenientes na área da proteção contra radiações ionizantes, bem como os princípios gerais de proteção, e transpõe para a ordem jurídica interna as disposições correspondentes da Diretiva n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de Maio, que fixa as normas de base de segurança relativas à proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes. Observações: São revogados na matéria que contrarie as disposições do presente normativo: Decreto-Lei n.º 348/99, de 12-10; Decreto-Lei n.º 138/96, de 14-8; Decreto-Lei n.º 153/96, de 30-8, e Decreto Regulamentar n.º 9/90, de 19-4, com a redação dada pelo Decreto Regulamentar n.º 3/92, de 6-3”(Decreto-Lei n.º 165/2002, 2002).
  
- **Decreto-Lei n.º 167/2002, de 18 de Julho** – “Estabelece o regime jurídico relativo ao licenciamento e ao funcionamento das entidades que desenvolvem atividades nas áreas de proteção radiológica e transpõe para a ordem jurídica interna disposições relativas às matérias de dosimetria e formação, da Diretiva n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de Maio, que fixa as normas de base de segurança relativas à proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes. - Regulamenta o licenciamento, operação e funções de serviço fornecedores no domínio da proteção radiológica, incluindo estudos de proteção contra radiações para instalações radiológicas, dosimetria (acompanhamento individual e área) e formação” (Decreto-Lei n.º 167/2002, 2002).
  
- **Decreto-Lei n.º 174/2002, de 25 de Julho** – “Estabelece as regras aplicáveis à intervenção em caso de emergência radiológica, transpondo para a ordem jurídica interna as disposições do título, «Intervenção», da Diretiva n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de Maio, que fixa as normas de base de segurança relativas à proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes” (Decreto-Lei n.º 174/2002, 2002).
  
- **Decreto-Lei n.º 180/2002, de 8 de Agosto** – “Definição de normas básicas de segurança relativas à proteção da saúde, dos trabalhadores e da população em geral, contra os perigos resultantes das radiações ionizantes em exposições radiológicas médicas e transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva 97/43/EURATOM, do Conselho, de 30 de Junho, que revoga a Diretiva 84/466/EURATOM” (Decreto-Lei n.º 180/2002, 2002).
  
- **Decreto-Lei n.º 198/2009, de 26 de Agosto** – “Estabelece regras relativas às transferências de combustível irradiado e dos resíduos radioativos, a transposição da Diretiva 2006/117/EURATOM” .
  
- **Decreto-Lei n.º 215/2008, de 10 de Novembro** – “Foi atribuída à Direcção-Geral da Saúde competência para a autorização de práticas, licenciamento de instalações e equipamentos produtores de radiações ionizantes, com exceção de atividades mineiras e outras instalações do ciclo de combustível nuclear, licenciamento de entidades públicas ou privadas prestadoras de serviços na área

da protecção radiológica, dosimetria e formação, e emissão de cadernetas radiológicas para trabalhadores externos” .

- **Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de Novembro** – “Transpõe parcialmente para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de Maio, que fixa as normas de segurança de base relativas à protecção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes” (Decreto-Lei n.º 222/2008, 2008).
- **Decreto-Lei n.º 227/2008 , de 25 de Novembro** – Definição de princípios e normas que regem as ações a desenvolver na protecção operacional dos profissionais expostos, na protecção da saúde da população, bem como as medidas fundamentais relativas à protecção radiológica das pessoas submetidas a exames e tratamentos médicos. Transpondo para a ordem jurídica interna as disposições correspondentes em matéria de peritos qualificados da Diretiva n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de Maio, que fixa as normas de segurança de base relativas à protecção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações.
- **Decreto-Lei n.º 262/2012, de 17 de Dezembro** – Estabelece um quadro comunitário para a segurança nuclear das instalações nucleares, tendo em vista a garantia de um nível elevado de segurança para a protecção dos trabalhadores e do público em geral dos perigos decorrentes das radiações ionizantes produzidas pelas referidas instalações (transposição da Diretiva 71/2009/EURATOM do Conselho A Diretiva n.º 2009/71/EURATOM, do Conselho, de 25 de Junho de 2009) (Decreto-Lei n.º 262/2012, 2012).
- **Decreto-Lei n.º 279/2009, de 6 de Outubro** – Novo modelo de licenciamento de unidades privadas de serviços de saúde, que permita, efetivamente, garantir que se verificam os requisitos mínimos necessários para que seja assegurada a qualidade dos serviços prestados no sector privado, com ou sem fins lucrativos.

**Decreto-Lei n.º 311/98, de 14 de Outubro** – “O sector da protecção radiológica e da segurança nuclear reclama, pela sua própria natureza, um particular empenho no sentido de se promoverem as condições necessárias para minimizar os riscos para a saúde pública e para o ambiente decorrentes da utilização de radiações, radioisótopos e instalações nucleares.

Para tanto, importa que, desde logo, exista um quadro legal e regulamentar claro, coerente, eficaz, operante e permanentemente ajustado à evolução do conhecimento científico e tecnológico em matéria de protecção radiológica e segurança nuclear.

Haverá, para tanto, que, numa 1.ª fase, proceder a um estudo exaustivo do quadro legislativo e regulamentar actualmente vigente e das condições da sua aplicação para que, posteriormente, se possa proceder às correcções e aperfeiçoamentos que se revelarem pertinentes.

Para a prossecução desta tarefa, e posterior acompanhamento do sector da protecção radiológica e segurança nuclear, é criada por este diploma uma estrutura tripartida, composta por representantes dos ministérios mais de perto

envolvidos nestas matérias, susceptível de assegurar uma actuação harmoniosa e eficaz em todas as vertentes em causa neste domínio.

A permanente evolução técnica e científica nesta área aconselha, por seu turno, que se atribua particular atenção às questões relacionadas com a investigação no domínio da protecção radiológica e da segurança nuclear. Impõe-se, por isso, atribuir ao Instituto Tecnológico e Nuclear, organismo vocacionado para as actividades de investigação e desenvolvimento tecnológico na área da protecção radiológica e da segurança nuclear, as atinentes funções, competências e responsabilidades nesta matéria.

O uso das competências técnicas e científicas desenvolvidas pelo Instituto Tecnológico e Nuclear impõe-se no sentido da minimização dos riscos envolvidos em actividades produtoras de efluentes radioactivos e de resíduos radioactivos, mas também como instrumento de apoio à actividade legislativa ou regulamentar em matéria de protecção radiológica e segurança nuclear”.

- **Decreto Regulamentar n.º 3/92, de 6 de Março** – Clarificando o Decreto Regulamentar n.º 9/90, estabelece, de forma mais abrangente, o regime de isenção de autorização prévia de práticas que impliquem a utilização de radiações ionizantes.
- **Decreto Regulamentar n.º 9/90, de 19 de Abril** – “Alterado pelo Decreto Regulamentar nº3/92 de 06 de Março. Estabelece os princípios e as normas por que se devem reger as ações a desenvolver na área de protecção contra radiações ionizantes, relegando-se para momento ulterior a regulamentação referente às radiações consideradas não ionizantes. Revogado por Decreto-Lei n.º 165/2002, de 17/07” .
- **Decreto Regulamentar n.º 29/97, de 29 de Julho** – Regime de protecção dos trabalhadores de empresas externas que intervêm em zonas sujeitas a regulamentação com vista à protecção contra radiações ionizantes. Retificado por Declaração de Retificação n.º 14-M/97, 1997-07-31 (suprime os anexos I e II). Estabelece regras para a protecção dos trabalhadores externos intervindo em áreas controladas, transpondo a Diretiva 90/641/EURATOM.
- **Decreto Regulamentar n.º 34/92, de 04 de Dezembro** – Regulamenta o Decreto-Lei n.º 426/83, estabelece normas sobre segurança e protecção radiológica aplicáveis na extração e tratamento de minérios radioativos.
- **Lei n.º 19/2014, de 14 de Abril** – Adoção de aperfeiçoamentos legislativos indispensáveis, nomeadamente para assegurar uma utilização de medicamentos sustentada pela racionalidade e pela evidência científica, promovendo em simultâneo condições mais favoráveis à continuidade do financiamento e acesso à inovação terapêutica.
- **Lei n.º 102/2009, de 10 de Setembro** – Regime geral da segurança e da segurança no local de trabalho, incluindo disposições relativas à protecção radiológica dos trabalhadores.



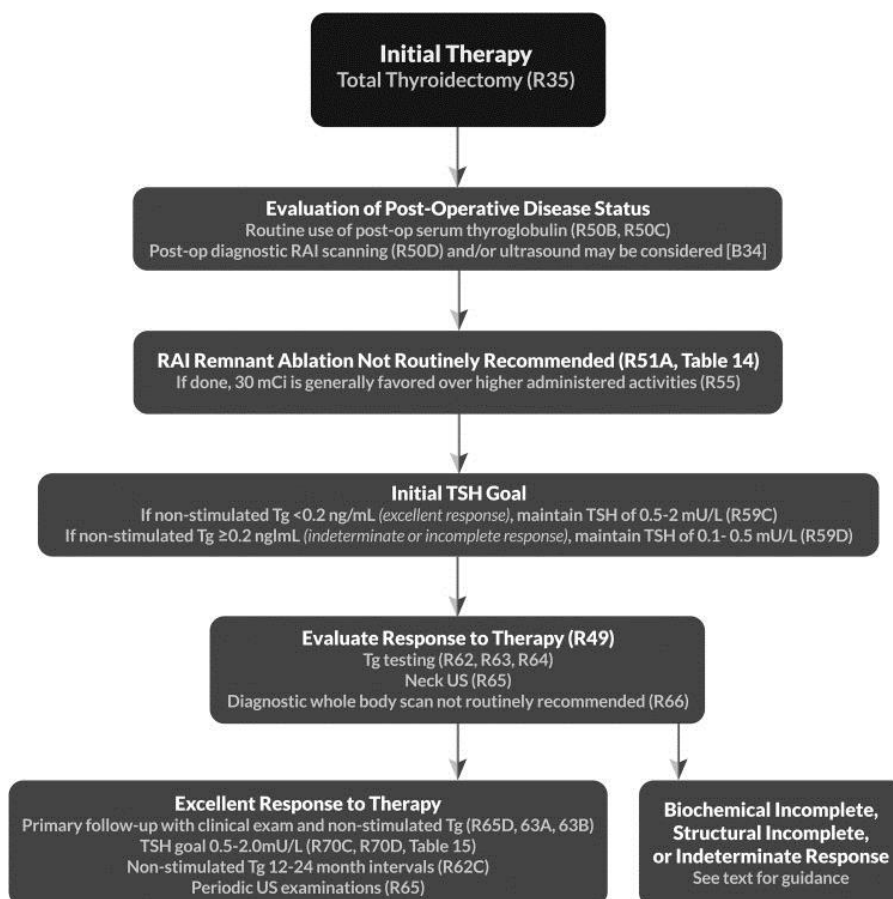
- **Portaria n.º 44/2015, de 10 de Março** – Estabelece o quadro legal e regulador para a gestão responsável e segura do combustível nuclear e dos resíduos radioativos, e transpõe para a ordem jurídica portuguesa a Diretiva n.º 2011/70/EURATOM, do Conselho, de 19 de Julho de 2011.
- **Portaria n.º 229/96, de 26 de Junho** – Estabelece a interdição à mulher grávida de todos e qualquer posto de trabalho sujeito à exposição às radiações ionizantes.
- **Portaria n.º 596/2009, de 5 de Junho** – Estabelece as taxas a cobrar pelos vários licenciamento e procedimentos de autorização relacionadas com proteção radiológica realizado pela Direcção-Geral da Saúde.
- **Portaria n.º 1106/2009, de 24 de Setembro** – Aprovação do regulamento para o controlo metrológico de instrumentos de medição de radiações ionizantes, de acordo com Decreto-Lei n.º 291/90, de 20 de Setembro Decreto-Lei n.º 10/2010, de 04 de Fevereiro, revisto pelo Decreto-Lei n.º 31/2013, de 22 de Fevereiro - Quadro jurídico para a gestão de resíduos, incluindo resíduos radioativos, resultantes de operações de mineração que transpõe a Diretiva 2006/21/CE.
- **Despacho 6402/2010, de 12 de Abril** – Regulamento de controlo metrológico de Instrumentos de Medição de Radiações Ionizantes.
- **Despacho do Gabinete da Ministra da Saúde n.º 8934/97, de 9 de Outubro** - Estabelece as disposições relativas ao documento individual de controlo radiológico referido no Decreto Regulamentar n.º 29/97, de 29 de Julho.
- **Circular Normativa n.º 6/DSA<sup>7</sup>, de 6 de Abril de 2003** – Relativo à proteção operacional dos trabalhadores expostos a radiações ionizantes.
- **Circular Normativa n.º 14/DSA, de 30 de Outubro de 2002** – Esclarece os setores profissionais sobre a aplicação de certas disposições do Decreto-Lei n.º 180/2002, de 8 de Agosto.

---

<sup>7</sup> DAS, Divisão de Saúde Ambiental

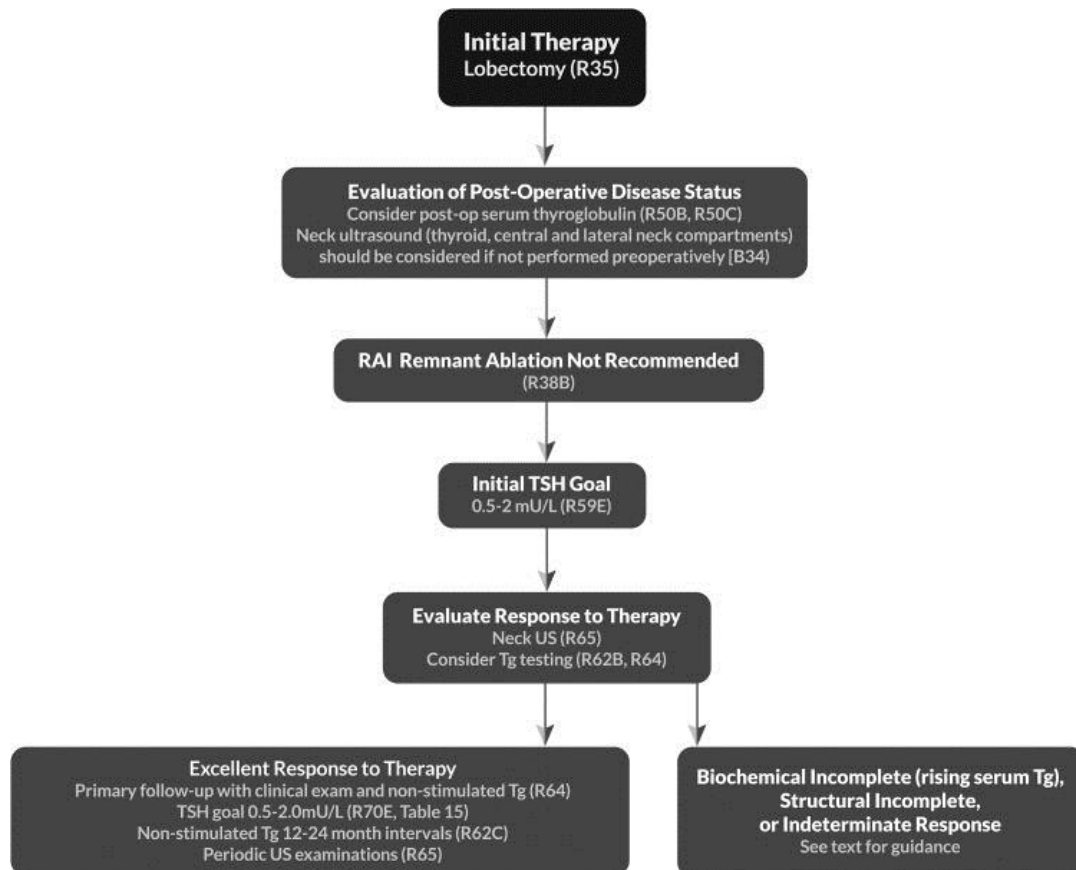
## Anexo 4. Algoritmo de tomada de decisão e gestão de recomendações clínicas, em doentes com CDT de baixo risco, que foram submetidos a tiroidectomia total, proposto pela Associação Americana da Tiroide

Fonte: Haugen *et al.* (2016, p. 49)



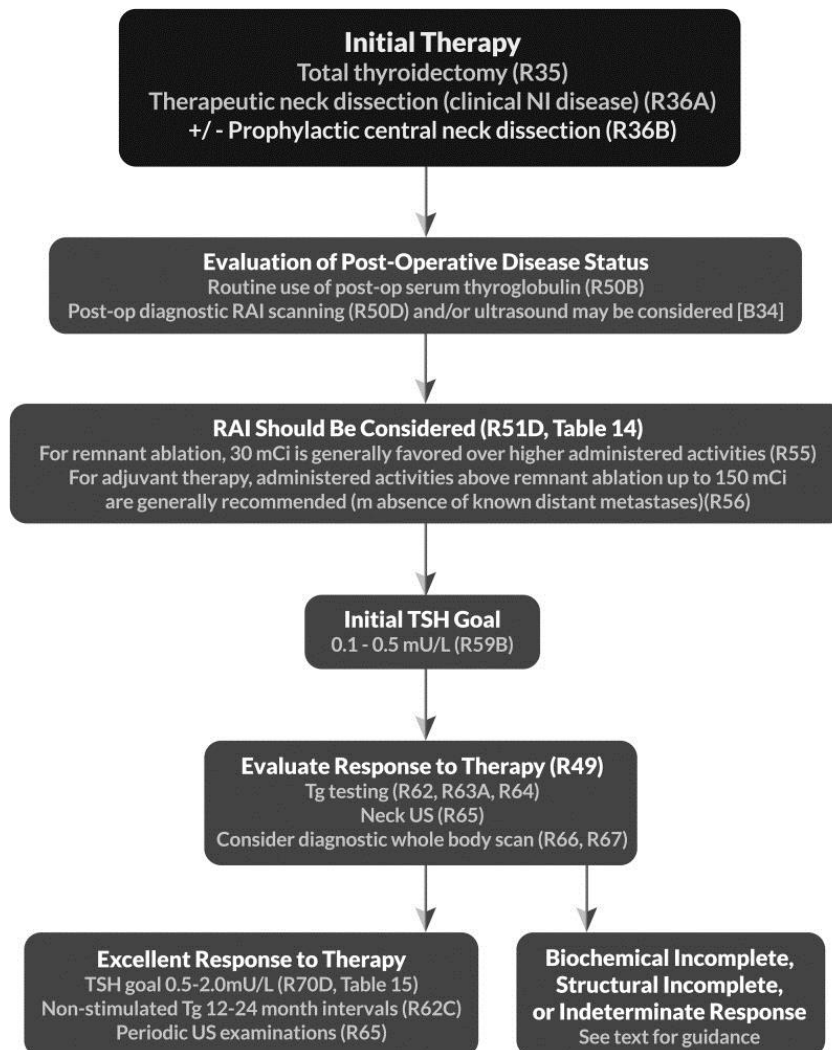
## Anexo 5. Algoritmo de tomada de decisão e gestão de recomendações clínicas, em doentes com CDT de baixo risco, que foram submetidos a tiroidectomia parcial (e.g. lobectomia), proposto pela Associação Americana da Tiroide

Fonte: Haugen *et al.* (2016, p. 49)



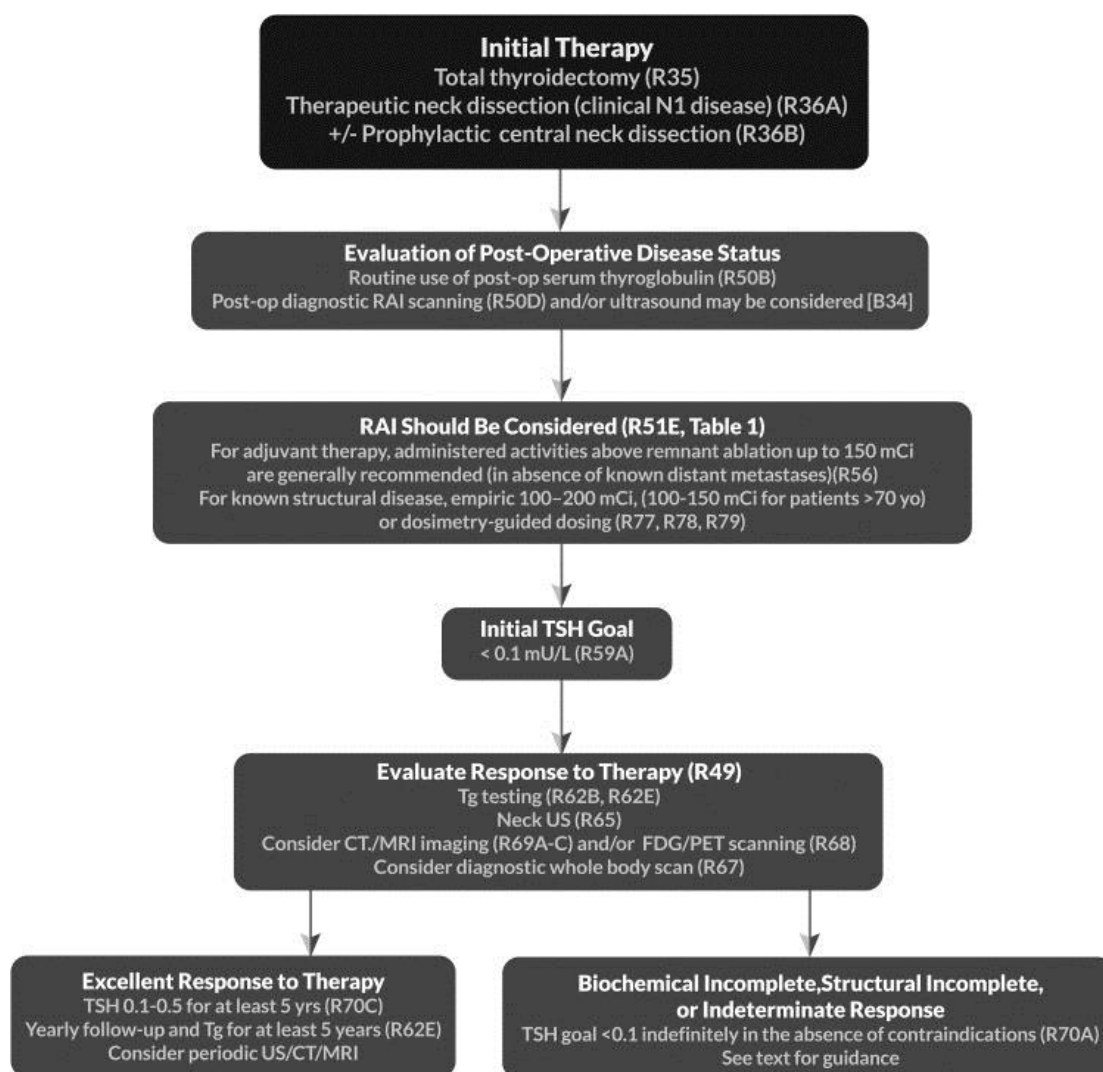
## Anexo 6. Algoritmo de tomada de decisão e gestão de recomendações clínicas, em doentes com CDT de risco intermédio, que foram submetidos a tiroidectomia total, proposto pela Associação Americana da Tiroide

Fonte: Haugen *et al.* (2016, p. 50)



## Anexo 7. Algoritmo de tomada de decisão e gestão de recomendações clínicas, em doentes com CDT de alto risco, que foram submetidos a tiroidectomia total e que não tenham doença residual no pescoço, proposto pela Associação Americana da Tiroide

Fonte: Haugen *et al.* (2016, p. 51)



## Anexo 8. Estratificação do risco de cancro da tiroide, segundo a *American Thyroid Association*

Fonte: Haugen *et al.* (2016, p. 56).

ATA risk Staging (TNM)	Description	Body of evidence suggests RAI improves disease-specific survival?	Body of evidence suggests RAI improves disease-free survival?	Postsurgical RAI indicated?
ATA low risk T1a N0,Nx M0,Mx	Tumor size ≤1 cm (uni- or multi-focal)	No	No	No
ATA low risk T1b,T2 N0, Nx M0,Mx	Tumor size >1–4 cm	No	Conflicting observational data	Not routine <sup>b</sup> —May be considered for patients with aggressive histology or vascular invasion (ATA intermediate risk).
ATA low to intermediate risk T3 N0,Nx M0,Mx	Tumor size >4 cm	Conflicting data	Conflicting observational data	Consider <sup>b</sup> —Need to consider presence of other adverse features. Advancing age may favor RAI use in some cases, but specific age and tumor size cutoffs subject to some uncertainty. <sup>a</sup>
ATA low to intermediate risk T3 N0,Nx M0,Mx	Microscopic ETE, any tumor size	No	Conflicting observational data	Consider <sup>b</sup> —Generally favored based on risk of recurrent disease. Smaller tumors with microscopic ETE may not require RAI.
ATA low to intermediate risk T1–3 N1a M0,Mx	Central compartment neck lymph node metastases	No, except possibly in subgroup of patients ≥45 years of age (NTCTCSG Stage III)	Conflicting observational data	Consider <sup>b</sup> —Generally favored, due to somewhat higher risk of persistent or recurrent disease, especially with increasing number of large (>2–3 cm) or clinically evident lymph nodes or presence of extranodal extension. Advancing age may also favor RAI use. <sup>a</sup> However, there is insufficient data to mandate RAI use in patients with few (<5) microscopic nodal metastases in central compartment in absence of other adverse features.
ATA low to intermediate risk T1–3 N1b M0,Mx	Lateral neck or mediastinal lymph node metastases	No, except possibly in subgroup of patients ≥45 years of age	Conflicting observational data	Consider <sup>b</sup> —Generally favored, due to higher risk of persistent or recurrent disease, especially with increasing number of macroscopic or clinically evident lymph nodes or presence of extranodal extension. Advancing age may also favor RAI use. <sup>a</sup>
ATA high risk T4 Any N Any M	Any size, gross ETE	Yes, observational data	Yes, observational data	Yes
ATA high risk M1 Any T Any N	Distant metastases	Yes, observational data	Yes, observational data	Yes

<sup>a</sup>Recent data from the NTCTCSG (National Thyroid Cancer Treatment Cooperative Study Group) have suggested that a more appropriate prognostic age cutoff for their and other classification systems could be 55 years, rather than 45 years, particularly for women.

<sup>b</sup>In addition to standard clinicopathologic features, local factors such as the quality of preoperative and postoperative US evaluations, availability and quality of Tg measurements, experience of the operating surgeon, and clinical concerns of the local disease management team may also be considerations in postoperative RAI decision-making.

## Anexo 9. Instruções de restrições que o médico deve dar ao doente, após terapêutica com <sup>131</sup>I

Fonte: Comissão Europeia (1999, p.15)

### **Regra geral:**

No domicílio, o doente deve permanecer o mais longe possível de qualquer pessoa, sempre a mais de 1 metro de distância e a mais de 2 metros durante períodos prolongados. Casas de banho:

Os doentes (incluindo os homens) devem sentar-se para urinar. Devem utilizar papel higiénico para limpar os órgãos genitais e despejar sempre o autoclismo. Devem lavar as mãos, se possível dentro da casa de banho, por forma a evitar a contaminação dos puxadores das portas, etc.

### **Crianças jovens (0 a 10 anos de idade):**

No que respeita às crianças com 10 anos e menos, o risco associado à dose é superior ao da média da população. Além disso, as crianças muito jovens estão frequentemente em contacto físico directo com os pais (ou outros adultos) durante muitas horas por dia.

Caso estejam envolvidas crianças jovens, os doentes devem ser informados dos riscos acrescidos que aquelas correm.

O contacto físico directo deve ser evitado tanto quanto possível e, mais uma vez, quanto maior for a distância melhor.

Por este motivo, as crianças muito jovens, com menos de 2 anos, devem permanecer, de preferência, noutra casa e ser tratadas por pessoas que não o doente. Caso não seja possível, ou não seja desejável por razões psicológicas, o contacto deve ser o mais curto possível.

Após o período de restrições recomendado, aconselha-se vivamente, no caso de crianças jovens, a evitar contactos físicos não essenciais com o doente durante mais de uma semana, especialmente no caso de doentes de hipertiroidismo, que recebam tratamento no hospital.

### **Parceiros sexuais e outras pessoas no domicílio:**

Não há contra-indicações relativamente ao contacto físico directo (abraços ou relações sexuais), mas este deveria limitar-se a cerca de meia hora por dia. Aconselha-se, no entanto, fortemente, que o doente durma sozinho. A distância entre duas camas adjacentes deve ser, no mínimo, de 2 metros. Verificar se a cama do doente num quarto não está colocada junto da mesma parede que a cama do quarto contíguo, porque a distância entre as camas seria muito pequena, uma vez que a parede não oferece uma protecção eficaz contra este tipo de radiações.

### **Parceiros sexuais idosos:**

Relativamente às pessoas com 60 anos e mais, o risco de efeitos deletérios das radiações é pequeno. Por consequência, apenas devem ser incentivadas as medidas que são fáceis de adoptar.

### **Mulheres grávidas:**

Caso a parceira sexual do doente em tratamento esteja grávida, devem dar-se as mesmas instruções que para "parceiros sexuais e outras pessoas no domicílio" no que respeita ao dormir. Além disso, para manter a dose do nascituro tão baixa quanto razoavelmente possível, também devem ser reduzidos ao mínimo os contactos físicos durante o dia.

### **Amamentação:**

Se uma mulher lactante necessitar de tratamento com o I-131, a amamentação deve sempre terminar antes do início do tratamento e não deve ser recomeçada após o regresso a casa.

**Gravidez:**

A concepção nos quatro meses que se seguem ao tratamento com iodo radioactivo pode ser prejudicial para o nascituro. Aconselha-se, portanto, a evitar a gravidez durante esse período. Relativamente aos homens, uma vez que os espermatozóides também podem ser afectados, é-lhes desaconselhado procriar nos quatro meses seguintes à administração de I-131.

**Visitas:**

Relativamente a visitas curtas, por exemplo de algumas horas, não é necessário tomar precauções especiais para além de manter uma distância segura e de evitar o contacto físico directo (ver “regra geral”).

**Devem ser desaconselhadas as visitas de crianças jovens e de grávidas. Talheres e louça:**

Uma vez que a saliva e as secreções naturais dos doentes têm um nível de contaminação com iodo relativamente elevado, o talher e a louça, as toalhas e a roupa de cama, etc., utilizados pelos doentes não devem ser usados por outras pessoas. Depois de lavados não representam nenhum perigo. Não é necessário lavá-los separadamente.

**Transporte:**

Viajar em transportes públicos deve limitar-se a cerca de duas horas por viagem, apenas durante a primeira semana. Se o doente apanhar um táxi, deve sentar-se o mais longe possível do motorista. Viajar de táxi com o mesmo motorista deve limitar-se a cerca de duas horas no total. No caso de viagens mais longas e inevitáveis em transportes públicos, devem dar-se conselhos especiais quanto à redução da dose para os outros utentes. Por exemplo, o doente deve ser aconselhado a mudar de lugar para evitar sentar-se ao lado da mesma pessoa durante períodos prolongados.

**Actividades sociais:**

As idas ao cinema e outras actividades sociais, em que o doente está em contacto estreito com outras pessoas durante algumas horas, devem ser evitadas.

**Actividade profissional:**

Deve estabelecer-se a seguinte distinção:

- 1) O emprego do doente exige contactos estreitos com colegas, clientes e outras pessoas. No caso de o ambiente de trabalho do doente ser uma escola ou qualquer outra situação que envolva crianças com menos de 10 anos, o doente não deve ir ao trabalho. Noutras circunstâncias, deve ser respeitada uma distância mínima de 2 metros em relação às outras pessoas durante a maior parte do tempo, incluindo no período de almoço. Caso não seja possível, o doente não deve ir trabalhar.
- 2) O emprego do doente não necessita de contactos estreitos. Neste caso, o doente pode ir trabalhar (limitando o mais possível os contactos estreitos), excepto no caso de doentes ambulatoriais durante os dois primeiros dias a seguir à administração (fase de excreção rápida).
- 3) O trabalho do doente pode ser afectado pelas radiações ionizantes (revelação de negativos, estudos radioimunológicos, etc.). Neste caso, a ausência do trabalho não está relacionada com a limitação da exposição de terceiros, devendo ser solicitado o parecer de um perito em protecção radiológica.

**Em caso de dúvida, o médico responsável deve pedir parecer a um especialista em física médica. O empregador deve ser sempre informado.**

**Hospital:**

Se, durante o período de restrições, o doente tiver de ser internado inesperadamente, o médico e o especialista em física médica responsáveis devem ser informados imediatamente da situação do doente.



## Anexo 10. Procedimento do SMN – Hosp\_A, para “informações pré-terapêutica com Iodo-131 no hipertiroidismo”

### *Tratamento com $^{131}\text{I}$ no Hipertiroidismo*

Médica Responsável: \_\_\_\_\_

É um tratamento que se destina a tratar o funcionamento exagerado da sua tiroide.

#### *Como se realiza o tratamento?*

O tratamento consiste “apenas” numa única administração de uma cápsula com iodo radioativo ( $^{131}\text{I}$ ). Não necessita de ficar internado e irá receber instruções detalhadas para que não exponha os seus familiares e amigos a doses de radiação adicionais. Essas instruções incluem uma boa ingestão de líquidos (1.5 a 2L por dia), micções frequentes e medidas para promover a salivação no intervalo das refeições. Ser-lhe-ão feitas outras recomendações, nomeadamente relacionadas com restrição de contactos com crianças e grávidas nos dias seguintes ao tratamento. Todo o procedimento do tratamento demora, em média, cerca de 30-45 minutos.

#### *Preparação e recomendações*

1. Por indicação do seu médico assistente, há necessidade de suspender alguns dos medicamentos que costuma tomar (por exemplo: *Propicyl*®; *Metibazol*®).
2. Tem de estar em jejum há, pelo menos, 4 horas.

#### *Este tratamento é perigoso?*

Não. A quantidade de radioatividade utilizada é controlada e os efeitos secundários reduzidos. Pode ser efetuado em crianças.

#### *As grávidas e mulheres a amamentar podem realizar este exame?*

**Não.** Informar sempre o pessoal do Serviço se estiver grávida ou a amamentar.

#### *E se precisar de alguma informação adicional?*

#### *Marcação do tratamento*

Nome: \_\_\_\_\_

PU: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_H \_\_\_\_min

**Se não puder comparecer** na data e hora previstas, por favor contacte o Serviço o mais cedo possível.

## Anexo 11. Procedimento do SMN – Hosp\_A, para “informações pré-terapêutica com Iodo-131 (com internamento)”

### *Tratamento com $^{131}\text{I}$ (com internamento)*

Médica Responsável: \_\_\_\_\_

É um tratamento que se destina destruir lesões relacionadas com a sua doença da tiroide.

#### *Como se realiza o tratamento?*

O tratamento consiste na administração de uma cápsula com iodo radioativo ( $^{131}\text{I}$ ). Fica internado no Serviço de Medicina Nuclear durante 2 noites para que não exponha os seus familiares e amigos a doses de radiação adicionais. Durante o internamento deve ingerir líquidos (1.5 a 2L por dia), urinar com frequência e promover a salivação no intervalo das refeições. Mesmo após a alta, deve manter estes cuidados durante alguns dias. Ser-lhe-ão feitas outras recomendações, nomeadamente relacionadas com crianças e grávidas. Alguns dias após a alta, tipicamente entre os 5-10 dias, regressa ao Serviço de Medicina Nuclear para efetuar um exame cintigráfico, que permite avaliar a localização do  $^{131}\text{I}$  no seu organismo. Nesse dia, não necessita de vir em jejum. O exame demora, em média, cerca de 30 minutos.

#### *Preparação e recomendações*

1. Por indicação do seu médico assistente, pode haver necessidade de suspender alguns dos medicamentos que costuma tomar (por exemplo: *Eutirox*®; *Letter*®; *Thyrax*®). Como alternativa à suspensão desses medicamentos, ser-lhe-ão administradas duas injeções intra-musculares de *TSH recombinante*, uma dois dias antes do internamento e outra no dia anterior.
2. Por vezes, é-lhe recomendada uma dieta pobre em alimentos contendo iodo.
3. Tem de estar em jejum há, pelo menos, 4 horas.
4. Para o internamento deve trazer os medicamentos que toma habitualmente, assim como objectos de higiene pessoal. Pode trazer livros, revistas, computador portátil, telemóvel, etc.

#### *Este tratamento é perigoso?*

Não. A quantidade de radioatividade utilizada é controlada e os efeitos secundários são mínimos. Este tratamento também pode ser efectuado em crianças.

#### *As grávidas e mulheres a amamentar podem realizar este exame?*

**Não.** Informar sempre o pessoal do Serviço se estiver grávida ou a amamentar.

#### *E se precisar de alguma informação adicional?*

#### *Marcação do tratamento*

Nome: \_\_\_\_\_

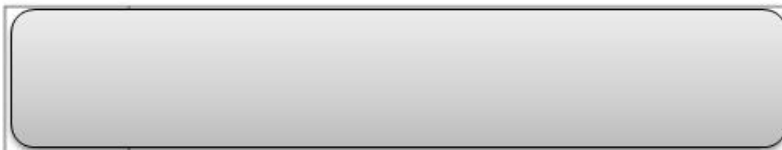
PU: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_H \_\_\_\_min

**Se não puder comparecer na data e hora previstas, por favor contacte o Serviço o mais cedo possível.**

## Anexo 12. Procedimento do SMN – Hosp\_B, para “Esclarecimentos acerca da terapêutica com iodo radioactivo”, no CDT



### Esclarecimentos acerca da terapêutica com iodo radioactivo:

Vai tomar iodo radioactivo para tratamento do seu problema da tiroideia. A maior parte desse iodo vai sair do seu organismo pela urina, mas essa perda realiza-se lentamente. Enquanto o iodo permanecer no seu corpo vai irradiar as pessoas que se encontrem junto de si. Depende de si e dos cuidados que tomar, a protecção da sua família, dos amigos e colegas. No final da terapêutica receberá instruções escritas relativamente às restrições e tempo de duração das mesmas. Entretanto poderá esclarecer algumas dúvidas lendo já este documento.

#### 1. Qual é a precaução mais importante?

Deve procurar manter entre si e as outras pessoas, em casa ou no trabalho, uma distância de pelo menos 1 metro. Para períodos de permanência longos (superiores a 1 hora) deve procurar aumentar essa distância para 2 metros.

#### 2. É permitido o contacto com grávidas?

Deve ser reduzido ao mínimo e respeitando sempre uma distância de pelo menos 2 metros.

#### 3. É seguro ser pai ou ficar grávida após a terapêutica?

Devido à quantidade de iodo que permanece no organismo deve evitar ficar grávida ou ser pai durante os 4 meses que se seguem à terapêutica.

#### 4. Posso ver os meus filhos e tomar conta deles?

Se tiverem menos de 10 anos deve evitar contactos muito próximos, acariciá-los ou abraçá-los. Os riscos da exposição à radiação são maiores para as crianças do que para os adultos.

#### 5. E se as crianças forem muito pequenas?

Com menos de dois anos devem permanecer afastados e ser entregues aos cuidados de outras pessoas, familiares ou amigos.

#### 6. Posso continuar a amamentar?

O iodo radioactivo passa para o leite e permanece nele por um longo período.

**A terapêutica obriga a parar completamente a amamentação.**

#### 7. Posso ter contactos íntimos com o meu parceiro ou outras pessoas em casa?

Qualquer contacto íntimo tal como carícias ou sexo deve ser limitado a meia hora por dia. Deve dormir em cama separada.

As camas mesmo em quartos diferentes deverão ficar pelo menos a 2 metros de distância (a parede não é protecção suficiente para a radiação).

#### 8. E se a minha mulher estiver grávida?

Nessa situação deve evitar os contactos íntimos.

#### 9. E relativamente às pessoas de mais de 60 anos?

Para estas pessoas os riscos são muito menores e não há necessidade de precauções especiais.

## Anexo 13. Procedimento do SMN – Hosp\_B, para “informações pré-terapêutica com Iodo-131 no hipertireoidismo”

A sua terapêutica está marcada no Serviço de Medicina Nuclear para:

Dia \_\_\_\_\_ Mês \_\_\_\_\_ às \_\_\_\_\_h \_\_\_\_\_ minutos.

Pode tomar o pequeno-almoço até às 7h e 30 minutos.

Parar \_\_\_\_\_ Dia \_\_\_\_\_ Mês \_\_\_\_\_

### Nos 15 dias antes da terapêutica:

- Não comer peixe ou mariscos.
- Não comer alimentos com corantes artificiais vermelhos (ex. cereais, rebuçados, bombons, vitaminas, gelatinas) e/ou com E127.
- Ver as embalagens dos alimentos e não comer se tiverem: sais de iodo, iodetos, algas, agar-agar.
- Não consumir produtos com soja.
- Restringir o consumo de enchidos e conservas.
- Não usar produtos para gargarejos e aplicações que contenham iodo ou iodetos: está proibido o uso de betadine dérmico ou ginecológico, tintura de iodo, cremes castanhos
- Se pintar o cabelo só o pode fazer se usar tinta sem iodo.

### Depois de fazer a sua terapêutica:

Durante \_\_\_\_\_ dias não deve:

- Estar em contacto directo com crianças de menos de 10 anos ou grávidas.
- Cozinhar para outras pessoas a não ser que use luvas
- Usar transportes públicos por mais de 2 horas
- Ir a lugares públicos por mais de 2 horas

### Deve:

- Dormir num quarto sozinho ou em cama separada á distância de pelo menos 2 metros
- Despejar o autoclismo mais que uma vez quando vai à casa de banho
- Não usar lixívia na sanita ou em sítios onde tenha caído urina
- Lavar a sua roupa separada da dos outros

### Não pode trabalhar:

- Durante \_\_\_\_\_ dias

Se necessitar ir a um hospital leve **sempre** estas indicações

---

Nota: Deve evitar ser pai ou mãe nos quatro meses a seguir à terapêutica

## **Anexo 14. Procedimento do SMN – Hosp\_A, nos “Cuidados a cumprir em casa após terapêutica de hipertiroidismo com $^{131}\text{I}$ ”**

### **CUIDADOS A CUMPRIR EM CASA APÓS TERAPÊUTICA DE HIPERTIROIDISMO COM $^{131}\text{I}$**

Os seguintes cuidados deverão ser cumpridos em casa durante \_\_\_\_\_ dias/semanas:

- Beber muitos líquidos (1,5 a 2 litros por dia).
- Urinar com frequência e puxar sempre o autoclismo 2 ou 3 vezes. Os doentes do sexo masculino deverão urinar sentados. Depois de urinar lavar muito bem as mãos.
- Bochechar com sumo de limão diluído em água várias vezes ao dia, sobretudo nos períodos entre as refeições. Em seguida lavar a boca com água para diminuir a acidez do limão. Em alternativa pode utilizar rebuçados, pastilhas ou comer qualquer alimento (cerca de 2 vezes entre cada refeição).
- Levantar-se durante a noite 1 ou 2 vezes para urinar, bochechar com limão e beber água (durante \_\_\_\_\_ noites).
- Não dormir acompanhado durante \_\_\_\_\_ noites.
- Usar loiça descartável ou lavar à parte a loiça que só o doente utilizará.
- Tomar banho pelo menos uma vez por dia e limpar as narinas com lenços de papel.
- Se precisar de cozinhar usar luvas para manipular os alimentos.
- Não contactar com grávidas ou bebés de colo.
- Evitar a gravidez durante 6 meses.

Leia atentamente o folheto (**Instruções Sobre o Comportamento dos Doentes Após Terapêutica com Iodo Radioactivo**), em caso de dúvida peça sempre conselho ao seu médico assistente.

O (A) Doente: \_\_\_\_\_

A Médica Especialista de Medicina Nuclear: \_\_\_\_\_ NM: \_\_\_\_\_

## Anexo 15. Procedimento do SMN – Hosp\_A, nas “Instruções sobre o comportamento dos doentes após terapêutica com iodo radioactivo”

### INSTRUÇÕES SOBRE O COMPORTAMENTO DOS DOENTES

#### APÓS TERAPÊUTICA COM IODO RADIOACTIVO

(Baseadas nas Directivas 96/29 e 97/43 EURATOM e de acordo com a Legislação Nacional)

Recebeu tratamento com iodo radioactivo para curar um problema da tiróide. A maioria do iodo será eliminada do seu corpo pela urina. No entanto, durante várias semanas, algum iodo permanecerá no seu corpo, o que significa que pode irradiar outras pessoas que se encontrem fisicamente próximas.

A protecção de familiares, amigos próximos, colegas e outras pessoas é da sua responsabilidade. As perguntas e as respostas dadas a seguir destinam-se a informá-lo sobre precauções simples que deve adoptar.

#### 1. Qual a precaução mais importante?

Não se sente nem fique perto de pessoas no trabalho ou em casa. Tente manter uma distância de pelo menos 1 metro. Durante períodos longos (superiores a uma hora), mantenha uma distância de 2 metros.

#### 2. E quanto a contactos com mulheres grávidas?

O contacto com mulheres grávidas deve ser reduzido ao mínimo. Tente ficar a, pelo menos, 2 metros das mulheres grávidas.



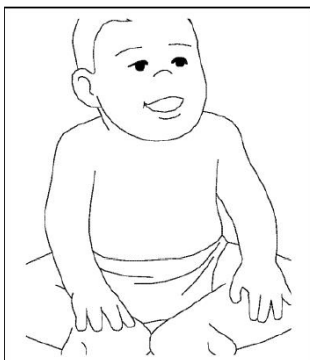
#### 3. É perigoso ficar grávida/procriar?

Uma parte do iodo permanece no seu corpo durante quatro meses. Durante este período, deve evitar ficar grávida ou procriar.

#### 4. Posso ver os meus filhos e tratar deles?

Se os seus filhos tiverem menos de 10 anos, evite, sempre que possível, os contactos estreitos (abraçar ou pegar ao colo). O risco é maior para as crianças jovens do que para os adultos, pelo que, por uma questão de segurança, deve evitar contactos desnecessários durante mais uma semana para além do período recomendado.





### **5. E quanto aos lactentes?**

As crianças com menos de 2 anos devem ficar ao cuidado de outras pessoas. Se possível, procure que fiquem em casa de parentes ou amigos próximos.

### **6. Posso continuar a amamentar?**

O iodo radioactivo passa para o leite materno, aí permanecendo durante um período relativamente longo. Portanto, deve deixar de amamentar por completo!

### **7. Posso manter contactos estreitos com o meu parceiro ou parceira sexual ou outras pessoas em casa?**

Qualquer contacto estreito, como abraçar ou ter relações sexuais, deve ser limitado a meia hora por dia. Devem dormir em camas separadas. As camas devem manter uma distância de 2 metros, mesmo que exista uma parede a separá-las, porque as paredes das casas não garantem uma protecção adequada contra este tipo de radiações.



### **8. E se a minha parceira sexual estiver grávida?**

Se a sua parceira sexual estiver grávida, é importante evitar contactos estreitos com ela.

### **9. Estas precauções aplicam-se também às pessoas com mais de 60 anos?**

Relativamente às pessoas com mais de 60 anos, o risco é muito inferior ao das outras pessoas. Por este motivo, as precauções especiais são menos importantes.

### **10. Posso receber visitas?**

As visitas curtas, inferiores a duas horas, não causam problemas. É necessário manter uma distância de cerca de 2 metros e, de preferência, evitar contactos próximos. Deve desencorajar as visitas de crianças jovens e de mulheres grávidas.

### **11. Posso ir trabalhar?**

A maioria das pessoas pode ir trabalhar. Se, devido à natureza do trabalho, tiver de estar a menos de 2 metros das mesmas pessoas durante mais de duas horas por dia, deve pedir conselho ao seu médico. De qualquer modo, deve informar o seu empregador.

### 12. E se for educadora de infância?

Os educadores de infância ou outras pessoas que têm de estar em contacto estreito com crianças jovens durante o horário de trabalho não devem ir trabalhar. O seu médico indicarlhe-á o período de tempo necessário para esta restrição.

### 13. Posso ir ao cinema ou a outras actividades de lazer?

De preferência, deve evitá-lo. Evite ir ao cinema e a outras actividades sociais em que está perto de outras pessoas durante mais de uma hora.

### 14. Posso utilizar os transportes públicos?



Durante uma semana, não deve utilizar os transportes públicos durante mais de duas horas. As viagens mais longas só devem ser feitas se não puder evitá-lo. Nesse caso, tente sentar-se sem ninguém perto. Peça conselho ao seu médico no caso de viagens mais longas.

### 15. E quanto a táxis?

Sente-se no banco de trás, no lado oposto ao do motorista. Não viaje mais de duas horas com o mesmo motorista de táxi.

### 16. Posso utilizar as mesmas casas de banho que as outras pessoas?

**Sim, mas deve evitar salpicar urina.** Portanto (válido também para homens), sente-se para urinar. Limpe sempre os órgãos genitais com papel higiénico e despeje o autoclismo. É importante lavar as mãos logo a seguir, mesmo se apenas urinou.

### 17. E quanto a talher, louça, roupa de cama, toalhas, etc.?

Os doentes eliminam o iodo radioactivo também através da saliva e do suor. Consequentemente, o talher, a loiça, as toalhas, a roupa de cama, etc. não devem ser partilhados com outros. Depois de lavados não constituem perigo. Não há necessidade de os lavar separadamente.

### 18. O que acontece se tiver de ir para o hospital?



Se tiver de ir inesperadamente para o hospital, informe o médico de que recebeu recentemente tratamento com iodo radioactivo, mesmo que seja o hospital em que foi tratado.

EM CASO DE DÚVIDA, PEÇA SEMPRE CONSELHO AO SEU MÉDICO ASSISTENTE.



## Anexo 16. Procedimento do SMN – Hosp\_B, na “Terapêutica com Iodo-131 no hipertireoidismo. Depois de fazer a sua terapêutica”



### Terapêutica com Iodo-131 no hipertireoidismo

#### Depois de fazer a sua terapêutica

Durante \_\_\_\_ Dias não deve:

- Estar em contacto directo com crianças de menos de 10 anos, nem grávidas;
- Cozinhar para outras pessoas, a não ser que use máscara e luvas;
- Usar transportes públicos por mais de 2 horas;
- Ir a lugares públicos por períodos superiores a 2 horas

#### Deve:

- Dormir num quarto sozinho ou em cama separada á distância de pelo menos 2 metros;
- Despejar o autoclismo 3 vezes, quando vai à casa de banho;
- Lavar a sua roupa separada da dos outros;

#### Não pode trabalhar:

- Durante \_\_\_\_ dias

#### Atenção:

- No caso de necessitar ir ao hospital leve sempre estas indicações.



## Anexo 17. Normas de alta no CDT do SMN – Hosp\_B

### NORMAS DE ALTA

Normas que o doente: \_\_\_\_\_  
sujeito a terapêutica com iodo-131 no dia: \_\_\_\_\_ deve respeitar.

#### Normas a seguir durante duas semanas:

1. Evitar qualquer contacto boca a boca (ex.: beijos).
2. Não partilhar objectos que contactem com a boca (ex.: escovas de dentes, talheres).
3. Para preparar comida para outras pessoas deve usar luvas de borracha.
4. Lavar as mãos frequentemente e especialmente sempre que se sirva da casa de banho.
5. Conservar a sanita sempre limpa (sem necessidade de recorrer a desinfetantes especiais e evitando particularmente o uso de lixívia). Puxar o autoclismo duas vezes depois de usar a sanita mesmo que seja só para urinar.
6. Os homens devem urinar sentados na sanita.
7. Usar sempre toalhas e roupas de cama separadas.
8. Limitar as relações sexuais e contactos íntimos a meia hora por dia<sup>1</sup>.
9. Se tiver de ir a um hospital deve dar conhecimento do tratamento que fez e levar consigo esta folha.

#### Outras normas:

1. Dormir em cama separada a mais de 2 metros de distância de outra pessoa durante \_\_\_\_\_ dias.
2. Evitar contactos ou proximidade a menos de 2 metros de distância com crianças (até aos 10 anos) e grávidas durante \_\_\_\_\_ dias.
3. Só deve voltar ao trabalho dentro de \_\_\_\_\_ dias.
4. Deve evitar transportes públicos por períodos superiores a duas horas durante \_\_\_\_\_ dias.
5. Deve limitar a permanência em lugares públicos durante \_\_\_\_\_ dias.

Assinatura do doente: \_\_\_\_\_

Assinatura legível do responsável pelas indicações fornecidas: \_\_\_\_\_

Data das informações prestadas: \_\_\_\_\_

<sup>1</sup> O doente deve evitar ser pai ou mãe nos quatro meses após a terapêutica.

## Anexo 18. Termo de consentimento informado (Doc: ERIAO.01.CIPE.07.2011)

### TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

**Temática do Estudo:** Exposição a Radiações Ionizantes: ambiental e ocupacional.

Eu, abaixo-assinado ( \_\_\_\_\_ ), fui informado de que o Estudo de Investigação acima mencionado se destina a observar qual o índice de exposição a radiações ionizantes dos membros do público, expostos a pacientes que realizaram terapêutica no âmbito da Medicina Nuclear .

Sei que neste estudo está prevista a realização de estudo analítico, medição do debito de dose e questionário, tendo-me sido explicado em que consistem.

Foi-me garantido que todos os dados relativos à identificação dos Participantes neste estudo são confidenciais e que será mantido o anonimato.

Sei que posso recusar-me a participar ou interromper a qualquer momento a participação no estudo, sem nenhum tipo de penalização por este facto.

Compreendi a informação que me foi dada, tive oportunidade de fazer perguntas e as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado.

Concordo que seja efectuado o estudo analítico, medição do debito de dose e questionário

Também autorizo a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, garantindo o anonimato.

Nome do Investigador e Contacto: Maria João Raminhas Carapinha (móvel: \_\_\_\_\_)

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Data

\_\_\_\_\_

Assinatura

## Anexo 19. Termo de consentimento informado do representante legal (Doc: ERIAO.02.CIPE.07.2011)

### TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

**Temática do Estudo:** Exposição a Radiações Ionizantes: ambiental e ocupacional.

Eu, abaixo-assinado ( \_\_\_\_\_ ),  
na qualidade de representante legal de ( \_\_\_\_\_ )  
fui informado de que o Estudo de Investigação acima mencionado se destina a observar  
qual o índice de exposição a radiações ionizantes dos membros do público, expostos a  
pacientes que realizaram terapêutica no âmbito da Medicina Nuclear .

Sei que neste estudo está prevista a realização de estudo analítico, medição do  
debito de dose e questionário, tendo-me sido explicado em que consistem.

Foi-me garantido que todos os dados relativos à identificação dos Participantes  
neste estudo são confidenciais e que será mantido o anonimato.

Sei que posso recusar-me a participar ou interromper a qualquer momento a  
participação no estudo, sem nenhum tipo de penalização por este facto.

Compreendi a informação que me foi dada, tive oportunidade de fazer perguntas e  
as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado.

Concordo que seja efectuado o estudo analítico, medição do debito de dose e  
questionário

Também autorizo a divulgação dos resultados obtidos no meio científico,  
garantindo o anonimato.

Nome do Investigador e Contacto: Maria João Raminhas Carapinha (móvel: \_\_\_\_\_)

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
Data

\_\_\_\_\_  
Assinatura

## Anexo 20. Inquérito ao doente (Doc: ERIA0.05 InqueDoente – Inquérito doentes\_01.12.2011)

ERIAO-05-InqueDoente_Inquérito doentes		2011
<b>A reencher pelo responsável</b>		
Código do doente: _____		Nº _____
Terapêutica para _____		
Data de realização da terapêutica do doente: _____		Dose administrada: _____
Data de alta: _____		Dose residual à data de alta _____
<b>1. CARACTERIZAÇÃO DO DOENTE</b>		
Data nascimento: _____	Idade: _____ (anos)	
Género: _____	Raça: _____	
Altura: _____	Peso: _____	
Fumador: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Se sim, há quantos anos? _____ Quantos cigarros por dia? _____	
Naturalidade: _____	Distrito: _____	Nacionalidade: _____
Habilitações literárias: _____		
Profissão: _____		
Contactos: telef: _____	móvel: _____	e-mail: _____
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DA SAÚDE DO DOENTE</b>		
Que doenças têm (não oncológicas)?	_____	
	_____	
	_____	
	_____	
	_____	
Que doenças têm (oncológicas)?	_____	
	_____	
	_____	
	_____	
	_____	
Já fez radioterapia? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Se sim, há quantos anos? _____ Quantas sessões? _____	
Já fez mamografias? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Se sim, quantas? _____	
Já teve outros familiares com doenças da tiroide?		
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Se sim, realizaram terapêutica com <sup>131</sup> I? _____ Há quantos anos? _____	
<b>1</b> Doc: ERIA0.05 InqueDoente - ERIA0-05-InqueDoente_Inquérito doentes		

Que cuidados tiveram? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### 3. CARACTERIZAÇÃO HABITACIONAL

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Código postal: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_

Concelho: \_\_\_\_\_ Distrito: \_\_\_\_\_

Há quantos anos mora neste endereço? \_\_\_\_\_

Em que outra região já morou? \_\_\_\_\_

Agregado familiar: N° adultos \_\_\_\_\_ Idade(s): \_\_\_\_\_

N° crianças \_\_\_\_\_ Idade(s): \_\_\_\_\_

#### Características habitacionais.

Cozinha N° \_\_\_\_\_ Sala(s) N° \_\_\_\_\_

Quanto(s) de dormir N° \_\_\_\_\_ Quarto(s) de banho N° \_\_\_\_\_

Outra informação relevante. \_\_\_\_\_

Rendimento familiar ☐ ≤ 500€ ☐ ≤ 1000€ ☐ ≤ 1500€ ☐ ≤ 2000€ ☐ ≤ 2500€

☐ ≤ 3000€ ☐ ≤ 3500€ ☐ ≤ 4000€ ☐ ≤ 4500€ ☐ > 4500€

Qual o meio de transporte a que vai recorrer na deslocação para casa? \_\_\_\_\_

Tempo de deslocação previsível: \_\_\_\_\_

Vai acompanhado, no mesmo meio de transporte, durante a deslocação para casa? ☐ Sim ☐ Não

Se sim, qual a sua localização em relação ao acompanhante: \_\_\_\_\_

Vai coabitar com outra(s) pessoas durante o período de resguardo? ☐ Sim ☐ Não



## Anexo 21. Inquérito ao acompanhante (Doc: ERIA0.04 InqueAcomp – Inquérito acompanhante\_01.12.2011)

ERIAO-04-InqueAcomp\_Inquérito acompanhantes 2011

### A preencher pelo responsável

Código do doente: \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_

Código do acompanhante: \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_

Data de realização da terapêutica do doente: \_\_\_\_\_

Data de 1º contacto com o doente \_\_\_\_\_

### 1. CARACTERIZAÇÃO DO ACOMPANHANTE.

Data nascimento: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ (anos)

Género: \_\_\_\_\_ Raça: \_\_\_\_\_

Altura: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_

Fumador: ☐ Sim ☐ Não Se sim, há quantos anos? \_\_\_\_\_ Quantos cigarros por dia? \_\_\_\_\_

Naturalidade: \_\_\_\_\_ Distrito: \_\_\_\_\_ Nacionalidade: \_\_\_\_\_

Altura: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_

Habilitações literárias: \_\_\_\_\_

Profissão: \_\_\_\_\_

Contactos: telef: \_\_\_\_\_ móvel: \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_

Grau de parentesco com o doente: \_\_\_\_\_

### 2. CARACTERIZAÇÃO DA SAÚDE DO ACOMPANHANTE.

Que doenças têm  
(não  
oncológicas)? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Que doenças têm  
(oncológicas)? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Já fez radioterapia? ☐ Sim ☐ Não Se sim, há quantos anos? \_\_\_\_\_ Quantas sessões? \_\_\_\_\_



Já fez mamografias? ☐ Sim ☐ Não Se sim, quantas? \_\_\_\_\_

Já teve outros familiares com doenças da tiroide?

☐ Sim ☐ Não Se sim, realizaram terapêutica com <sup>131</sup>I? \_\_\_\_\_ Há quantos anos? \_\_\_\_\_

Que cuidados tiveram? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### 3. CARACTERIZAÇÃO HABITACIONAL

Código postal: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_

Concelho: \_\_\_\_\_ Distrito: \_\_\_\_\_

Há quantos anos mora neste endereço? \_\_\_\_\_

Em que outra região já morou? \_\_\_\_\_

Agregado familiar: N° adultos \_\_\_\_\_ Idade(s): \_\_\_\_\_

N° crianças \_\_\_\_\_ Idade(s): \_\_\_\_\_

#### Características habitacionais.

Cozinha N° \_\_\_\_\_ Sala(s) N° \_\_\_\_\_

Quanto(s) de dormir N° \_\_\_\_\_ Quarto(s) de banho N° \_\_\_\_\_

Outra informação relevante: \_\_\_\_\_

Rendimento familiar ☐ ≤ 500€ ☐ ≤ 1000€ ☐ ≤ 1500€ ☐ ≤ 2000€ ☐ ≤ 2500€

☐ ≤ 3000€ ☐ ≤ 3500€ ☐ ≤ 4000€ ☐ ≤ 4500€ ☐ > 4500€

Qual o meio de transporte a que o doente vai recorrer na deslocação para casa? \_\_\_\_\_

Tempo de deslocação previsível: \_\_\_\_\_

Acompanha o doente, no mesmo meio de transporte, durante a deslocação para casa? ☐ Sim ☐ Não

Se sim, qual a sua localização em relação ao doente: \_\_\_\_\_

Vai coabitar com o doente durante o período de resguardo? ☐ Sim ☐ Não

Vai coabitar ainda outra(s) pessoa(s) com o doente? ☐ Sim ☐ Não

Se sim, quais? \_\_\_\_\_

#### 4. CARACTERIZAÇÃO COMPORTAMENTAIS

## Anexo 22. Panfleto explicativo da utilização do dosímetro e registo de ocorrências (Doc: ERIOA – 06\_ Folha de ocorrências)

### I. Procedimento de utilização do dosímetro

- O dosímetro é um equipamento passivo, que não provoca qualquer reação (c.f. Figura 1). A sua função é medir a dose de radiação;
- É de uso individual;
- Quem utiliza o dosímetro é o(s) acompanhante(s) e/ou familiar(es);
- O dosímetro deve de ser colocado no tórax junto do coração (c.f. Figura 2);
- Não pode ser molhado



Figura 1. Dosímetro



Figura 2. Posição correta do dosímetro

### II. Procedimento para o registo de ocorrências

- Todos os familiares e/ou acompanhantes que habitem com o doente, depois de ter realizado o tratamento com  $^{131}\text{I}$ , tem uma folha registo;
- Sempre que tenha ocorrido e/ou feito alguma coisa diferente do que lhe foi recomendado no hospital, deve de escrever Quadro 1;
- Todos os registos são importantes para o estudo.

Quadro 1 - Registro de ocorrências durante o período de monitorização domiciliária

Nome do paciente: \_\_\_\_\_

Nome do acompanhante/familiar: \_\_\_\_\_

Quadro 2 - Registo de ocorrências durante o período de monitorização domiciliária

[illegible]

## Anexo 23. Normas de orientação para recolha da amostra de urina no familiar/cuidador (Doc: ERIOA.08.NorRecUrina.01.2013)

**O que fazer e como fazer, como participante voluntário no estudo de avaliação da atividade a que os cuidadores/familiares dos doentes que fazem terapêutica com 131-Iodo.**

É um estudo que se desenvolve no âmbito do Doutoramento em Saúde Pública, da Escola Nacional de Saúde Pública – Universidade Nova de Lisboa. Estudo submetido e autorizados pela Comissão Nacional de Proteção de Dados.

O estudo não tem custos para os participantes. Garante o anonimato e confidencialidade do participante.

Caso tenha alguma dúvida, pode contactar a investigadora Maria João Raminhas Carapinha.

Tmovel:  e-mail:

### **Análise da urina dos cuidadores/familiares do doente.**

A participação no estudo só implica que cada um dos cuidadores/familiares do doente, realizem uma colheita de amostra de urina.

#### É dado a cada doente:

- Um termo de consentimento informado
- Um questionário

#### É dado a cada um dos cuidadores/familiares do doente:

- Um termo de consentimento informado
- Um questionário
- Um frasco para recolha da urina

### **Quando e Como fazer a recolha da amostra de urina:**

O doente foi para casa no dia \_\_\_\_\_, o(s) cuidador(es)/familiar(es) do doente recolhem a amostra da primeira urina da manhã, no dia \_\_\_\_\_

A entrega/recolha da amostra da urina será no dia \_\_\_\_\_, no \_\_\_\_\_

## Anexo 24. Processo de autorização da CNPD



COMISSÃO NACIONAL  
DE PROTECÇÃO DE DADOS

Processo n.º 9183/2011

AUTORIZAÇÃO N.º 11222 /2011

### I. Do Pedido

**Maria João Furtado Raminhas Carapinha**, no âmbito da sua Tese de Doutoramento, notificou à CNPD um tratamento de dados pessoais com a finalidade de elaborar um estudo observacional para avaliação a dose de exposição a radiações ionizantes em trabalhadores profissionalmente expostos e a membros do público expostos ao iodo-131, proveniente de pacientes que realizaram a terapêutica com <sup>131</sup>I.

Serão incluídos no estudo dados de profissionais com risco de exposição a radiações ionizantes, cujas leituras de dosimetria constem do Registo Central de Doses (RCD) do Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN), sem acesso a dados nominativos ou a elementos identificativos.

Serão também incluídos no estudo indivíduos que co-habitem com pacientes expostos a radiações. Neste caso, o médico/enfermeiro assistente, informará os acompanhantes dos seus pacientes sobre as condições do estudo, e caso estes pretendam participar no estudo, serão encaminhados para a investigadora, que solicitará consentimento informado.

Os dados serão recolhidos num caderno de recolha de dados em suporte papel.

No "caderno de recolha de dados" não há identificação nominal do titular, sendo aposto um código de participante no estudo. A chave desta codificação só pode ser conhecida da investigadora.

Os destinatários serão ainda informados sobre a natureza facultativa da sua participação e garantida confidencialidade no tratamento.

### II. Da Análise

A CNPD já se pronunciou na sua Deliberação n.º 227/2007 sobre o enquadramento legal, os fundamentos de legitimidade, os princípios orientadores para o correcto cumprimento da Lei de

Rua de São Bento, 148-3º • 1200-821 LISBOA  
Tel: 213 928 400 Fax: 213 976 832  
geral@cnpd.pt www.cnpd.pt

**21 393 00 39**  
LINHA PRIVACIDADE  
Dias úteis das 10 às 13 h  
duvidas@cnpd.pt

1

Protecção de Dados, bem como as condições gerais aplicáveis ao tratamento de dados pessoais para esta finalidade.

No caso em apreço, a notificação enquadra-se no âmbito tipificado por aquela Deliberação.

A informação tratada é recolhida de forma lícita (art.º 5º, n.º1 al. a) da Lei 67/98), para finalidades determinadas, explícitas e legítimas (cf. al. b) do mesmo artigo) e não é excessiva.

O fundamento de legitimidade é o consentimento expresso do titular dos dados.

### III. Da Conclusão

Assim, de acordo com as disposições conjugadas do n.º 2 do artigo 7.º, n.º1 do artigo 27º, al. a) do n.º 1 do artigo 28º e art. 30º da Lei de Protecção de Dados, autoriza-se o tratamento, com as condições supra referidas, nos seguintes termos:

**Responsável pelo tratamento:** Maria João Furtado Raminhas Carapinha

**Finalidade:** Estudo observacional para avaliação a dose de exposição a radiações ionizantes em trabalhadores profissionalmente expostos e a membros do público expostos ao iodo-131, proveniente de pacientes que realizaram a terapêutica com <sup>131</sup>I.

**Categoria de Dados pessoais tratados:** código do participante, dados demográficos (idade, sexo), função, prática, categoria A/B e medições do débito de dose.

**Entidades a quem podem ser comunicados:** Não há.

**Formas de exercício do direito de acesso e rectificação:** Junto da investigadora.

**Interconexões de tratamentos:** Não há.

**Transferências de dados para países terceiros:** Não há.

**Prazo de conservação:** O código do titular deve ser destruído um mês após o fim do estudo.

**Dos termos e condições fixados na Deliberação n.º 227/2007 e na presente Autorização decorrem obrigações que o responsável deve cumprir. Deve, igualmente, dar conhecimento dessas condições a todos os intervenientes no circuito de informação.**



COMISSÃO NACIONAL  
DE PROTECÇÃO DE DADOS

Lisboa, 10 de Outubro de 2011

Ana Roque, Luís Paiva de Andrade, Vasco Almeida, Helena Delgado António, Carlos Campos  
Lobo (Relator), Luís Barroso

Luís Lingnau da Silveira (Presidente)

Rua de São Bento, 148-3º • 1200-821 LISBOA  
Tel: 213 928 400 Fax: 213 976 832  
geral@cnpd.pt www.cnpd.pt

**21 393 00 39**

**LINHA PRIVACIDADE**

Dias úteis das 10 às 13 h 3  
duvidas@cnpd.pt



## Anexo 25. Parecer da Direção-Geral da Saúde sobre o estudo

 Direção-Geral da Saúde www.dgs.pt  Ministério da Saúde	20.JAN.2012 865		
	Dr.ª Maria João Furtado Raminhas Carapinha		
Sua referência Email	Sua comunicação de 06/01/2012	Nossa referência DGS/DSAO/NPCR/09/01/12 NPCR Proc:156	Data 2012
ASSUNTO: Projeto de avaliação da exposição ambiental e ocupacional a radiação ionizante em Medicina Nuclear			
<p>Na sequência do pedido de parecer a esta Direção-Geral relativo ao projeto de desenvolvimento da tese de doutoramento em saúde pública da Dr.ª Maria João Furtado Raminhas Carapinha, subordinada ao tema "<i>Avaliação da exposição ambiental e ocupacional a radiações ionizantes em Medicina Nuclear</i>", cumpre-nos destacar o interesse de que o mesmo se reveste no que diz respeito à proteção radiológica dos profissionais, pacientes e dos membros do público.</p> <p>É nossa opinião que este projeto poderá contribuir para melhor caracterizar as exposições decorrentes da administração de radioisótopos em exames e terapêuticas utilizadas em Medicina Nuclear, contribuindo para melhorar a sua proteção.</p> <p>Neste sentido, consideramos que deve ser do interesse de todas as instituições prestadoras de cuidados de saúde que desenvolvem estas práticas colaborar na recolha de dados.</p>			
Com os melhores cumprimentos.			
 Francisco George Diretor-Geral da Saúde			
Alameda D. Afonso Henriques, 45 1049-005 LISBOA		Tel: 21 843 05 00 Fax: 21 843 05 30 Email: geral@dgs.pt 1/1	

## Anexo 26. Variáveis a operacionalizar.

Tabela 72. Variáveis a operacionalizar (1/7)

<i>Variável em análise</i>	Definição da variável	Variável Original/ Derivada	Tipo de Variável (Escala de medida)	Categoria da variável	
<i>Agregado familiar</i>	N.º de pessoas que vivem na mesma casa e com alguma relação de parentesco	Original	Quantitativa (discreta - intervalar)	1. 1 2. 2 3. 3	4. 4 5. > 5
<i>Área de residência NUTS II</i>	Local de residência segundo a NUTS II	Derivada (categórica da variável concelho de residência)	Qualitativa (nominal)	0. NA 1. Região Norte 2. Região Centro 3. Região Lisboa 4. Região Alentejo	5. Região Algarve 6. Região Autónoma dos Açores 7. Região Autónoma da Madeira 8. NR
<i>Área de residência NUTS III</i>	Local de residência segundo a NUTS III	Derivada (categórica da variável concelho de residência)	Qualitativa (nominal)	0. NA 1. Sub-região Minho-Lima 2. Sub-região Cávado 3. Sub-região Ave 4. Sub-região Grande Porto 5. Sub-região Tâmega 6. Sub-região Entre Douro e Vouga 7. Sub-região Douro 8. Sub-região Alto Trás-os-Montes 9. Sub-região Baixo Vouga 10. Sub-região Baixo Mondego 11. Sub-região Pinhal Litoral 12. Sub-região Pinhal Interior Norte 13. Sub-região Pinhal Interior Sul 14. Sub-região Dão-Lafões 15. Sub-região Serra da Estrela	16. Sub-região Beira Interior Norte 17. Sub-região Beira Interior Sul 18. Sub-região Cova da Beira 19. Sub-região Oeste 20. Sub-região Grande Lisboa 21. Sub-região Península de Setúbal 22. Sub-região Médio Tejo 23. Sub-região Lezíria do Tejo 24. Sub-região Alentejo Litoral 25. Sub-região Alto Alentejo 26. Sub-região Alentejo Central 27. Sub-região Baixo Alentejo 28. Sub-região Algarve 29. Açores 30. Madeira 31. NR

**Tabela 73. Variáveis a operacionalizar (2/7)**

<i>Variável em análise</i>	Definição da variável	Variável Original/ Derivada	Tipo de Variável (Escala de medida)	Categoria da variável
<i>Atividade administrada (MBq)</i>	Atividade terapêutica administrada ao doente	Original	Quantitativa (continua)	---
<i>Atividade administrada (MBq) classes 740</i>	Atividade terapêutica administrada ao doente	Derivada (categórica da variável atividade administrada)	Quantitativa (discreta - intervalar)	1. <740 2. ≥740
<i>Atividade administrada (MBq) classes</i>	Atividade terapêutica administrada ao doente	Derivada (categórica da variável atividade administrada)	Quantitativa (discreta - intervalar)	1. [1-740[ 2. [740-1850[ 3. [1850-3700[ 4. [3700-5550[ 5. [5550-7400]
<i>Atividade específica na urina</i>	Atividade de <sup>131</sup> I existente na urina	Original	Quantitativa (continua)	---
<i>Atividade na urina</i>	Presença de <sup>131</sup> I existente na urina	Original	Qualitativa (nominal)	1. Sim 2. Não detetável
<i>CPP/2010</i>	Classificação Portuguesa das Profissões em 2010	Derivada (categórica da variável profissão)	Qualitativa (nominal)	0. Profissões das Forças Armadas 1. Representantes do poder legislativo e de órgãos executivos, dirigentes, diretores e gestores executivos 2. Especialistas das atividades intelectuais e científicas 3. Técnicos e profissões de nível intermédio 4. Pessoal administrativo 5. Trabalhadores dos serviços pessoais, de proteção e segurança e vendedores 6. Agricultores e trabalhadores qualificados da agricultura, da pesca e da floresta 7. Trabalhadores qualificados da indústria, construção e artífices 8. Operadores de instalações e máquinas e trabalhadores da montagem 9. Trabalhadores não qualificados 10. NA (estudante) 11. NA (reformado) 12. NA 13. NA (desempregado).

Tabela 74. Variáveis a operacionalizar (3/7)

<b>Variável em análise</b>	<b>Definição da variável</b>	<b>Variável Original/ Derivada</b>	<b>Tipo de Variável (Escala de medida)</b>	<b>Categoria da variável</b>		
<i>Débito dose na alta</i>	Atividade (uSv/h) residual no doente, medida à distância de 1 metro	Original	Quantitativa (continua)	---		
<i>Débito dose na alta classes</i>	Atividade (uSv/h) residual no doente, medida à distância de 1 metro	Derivada (categórica da variável n.º de dias de restrição)	Quantitativa (discreta - razão)	1. [0-3[ 2. [3-5[ 3. [5-10[	4. [10-20[ 5. [20-40[	
<i>Doenças não oncológicas, exceto doença da tiroide</i>	Grupos de Diagnósticos Homogéneos na caracterização	Derivada (categórica da variável doenças não oncológicas)	Qualitativa (nominal)	1. Doenças e perturbações do sistema nervoso 2. Doenças e perturbações do olho 3. Doenças e perturbações do ouvido, nariz, boca e garganta 4. Doenças e perturbações do aparelho respiratório 5. Doenças e perturbações do aparelho circulatório 6. Doenças e perturbações do aparelho digestivo 7. Doenças e perturbações do sistema hepatobiliar e pâncreas 8. Doenças e perturbações do sistema músculo-esquelético e tecido conjuntivo 9. Doenças e perturbações da pele, tecido celular subcutâneo e mama 10. Doenças e perturbações endócrinas nutricionais e metabólicas 11. Doenças e perturbações do rim e do aparelho urinário 12. Doenças e perturbações do aparelho genital masculino 13. Doenças e perturbações do aparelho genital feminino 14. Gravidez, parto e puerpério 15. Recém-nascidos e lactentes com afeções do período perinatal 16. Doenças e perturbações do sangue/órgãos hematopoiéticos e doenças imunológicas 17. Doenças e perturbações mieloproliferativas e mal-diferenciadas 18. Doenças infecciosas e parasitárias (sistémicas ou de localização não específica) 19. Doenças e perturbações mentais 20. Uso de álcool/droga e perturbações mentais orgânicas induzidas por álcool ou droga 21. Doença traumatismos, intoxicações e efeitos tóxicos de drogas 22. Queimaduras 23. Fatores com influência no estado de saúde e outros contactos com os serviços de saúde 24. Infeções pelo vírus da imunodeficiência humana 25. Traumatismos múltiplos significativos		
<i>Doenças oncológicas, exceto doença da tiroide</i>	Grupos de Diagnósticos Homogéneos na caracterização	Derivada (categórica da variável doenças oncológicas)	Qualitativa (nominal)			

**Tabela 75. Variáveis a operacionalizar (4/7)**

<b>Variável em análise</b>	<b>Definição da variável</b>	<b>Variável Original/ Derivada</b>	<b>Tipo de Variável (Escala de medida)</b>	<b>Categoria da variável</b>	
<i>Escolaridade obrigatória</i>	Direito e dever para todos os cidadãos com idades entre os 6 e os 18 anos.	Derivada (categórica da variável habilitações literárias)	Qualitativa (ordinal)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Illetrados</li> <li>2. Ensino obrigatório</li> <li>3. Ensino superior</li> </ol>	
<i>Grau de parentesco</i>	Relação que une o doente e o familiar/cuidador	Original	Qualitativa (nominal)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cônjuge</li> <li>2. Filho</li> <li>3. Filha</li> <li>4. Mãe</li> <li>5. Pai</li> <li>6. Irmão</li> <li>7. Irmã</li> <li>8. Outro</li> </ol>	
<i>Habilitações literárias</i>	O grau académico mais alto, que obteve	Original	Qualitativa (ordinal)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Illetrados</li> <li>2. 1º ciclo</li> <li>3. 2º ciclo</li> <li>4. 3º ciclo</li> <li>5. Secundário</li> <li>6. Licenciatura</li> <li>7. Mestrado</li> <li>8. Doutoramento</li> <li>9. Outro</li> </ol>	
$H_p(0,07)_{efetiva}$	Equivalente de dose individual efetiva a 0,07 mm	Original	Quantitativa (continua)	---	
$H_p(0,07)_{max}$	Equivalente de dose individual máxima a 0,07 mm	Original	Quantitativa (continua)	---	
$H_p(0,07)_{min}$	Equivalente de dose individual mínima a 0,07 mm	Original	Quantitativa (continua)	---	
$H_p(10)_{efetiva}$	Equivalente de dose individual efetiva a 10 mm	Original	Quantitativa (continua)	---	
$H_p(10)_{max}$	Equivalente de dose individual máxima a 10 mm	Original	Quantitativa (continua)	---	
$H_p(10)_{min}$	Equivalente de dose individual mínima a 10 mm	Original	Quantitativa (continua)	---	

**Tabela 76. Variáveis a operacionalizar (5/7)**

<b>Variável em análise</b>	<b>Definição da variável</b>	<b>Variável Original/ Derivada</b>	<b>Tipo de Variável (Escala de medida)</b>	<b>Categoria da variável</b>				
<i>Idade</i>	Nº de anos completados desde o nascimento	Original	Quantitativa (contínua)	---				
<i>Idade classes</i>	Nº de anos completados desde o nascimento	Derivada (categórica da variável idade absoluta em anos)	Quantitativa (discreta - razão)	1. [0-10] 2. [11-20] 3. [21-30] 4. [31-40]	5. [41-50] 6. [51-60] 7. ≥60			
<i>Idade grupo 10</i>	Nº de anos completados desde o nascimento	Derivada (categórica da variável idade absoluta em anos)	Quantitativa (discreta - razão)	1. ≤10 2. [11-60] 3. ≥60				
<i>Idade grupo 18</i>	Nº de anos completados desde o nascimento	Derivada (categórica da variável idade absoluta em anos)	Quantitativa (discreta - razão)	1. <18 2. [18-60] 3. ≥60				
<i>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</i>	Índice de massa corporal, do doente, quando realizou a terapêutica	Derivada (categórica das variáveis peso e altura)	Qualitativa (ordinal)	1. Baixo peso 2. Eutrofia	3. Pré-obesidade 4. Obesidade			
<i>Instituição de Saúde</i>	Instituição de saúde onde foram recolhidos os dados	Original	Qualitativa (nominal)	1. A 2. B				
<i>Localização durante a viagem</i>	Localização do doente no transporte	Original	Qualitativa (nominal)	1. Banco de trás, contra lateral ao condutor. 2. Banco ao lado do condutor. 3. NA				
<i>Meio de transporte</i>	Como se desloca para casa	Original	Qualitativa (nominal)	1. Sim 2. Não detetável				
<i>N.º cozinhas(s)</i>	Características habitacionais	Original	Quantitativa (discreta - intervalar)	1. 1    2. 2    3. 3    4. 4    5. 5				
<i>N.º quanto(s) de dormir</i>	Características habitacionais	Original	Quantitativa (discreta - intervalar)	1. 1    2. 2    3. 3    4. 4    5. 5				
<i>N.º quarto(s) de banho</i>	Características habitacionais	Original	Quantitativa (discreta - intervalar)	1. 1    2. 2    3. 3    4. 4    5. 5				
<i>N.º sala(s)</i>	Características habitacionais	Original	Quantitativa (discreta - intervalar)	1. 1    2. 2    3. 3    4. 4    5. 5				
<i>Outra</i>	Características habitacionais	Original	Quantitativa (discreta - intervalar)	1. 1    2. 2    3. 3    4. 4    5. 5				

**Tabela 77. Variáveis a operacionalizar (6/7)**

<b>Variável em análise</b>	<b>Definição da variável</b>	<b>Variável Original/ Derivada</b>	<b>Tipo de Variável (Escala de medida)</b>	<b>Categoria da variável</b>	
<i>Naturalidade NUTS II</i>	Local de nascimento segundo a NUTS II	Derivada (categórica da variável natural do concelho)	Qualitativa (nominal)	0. NA 1. Região Norte 2. Região Centro 3. Região Lisboa e Vale do Tejo 4. Região Alentejo	5. Região Algarve 6. Região Autónoma dos Açores 7. Região Autónoma da Madeira 8. NR
<i>Naturalidade NUTS III</i>	Local de nascimento segundo a NUTS III	Derivada (categórica da variável natural do concelho)	Qualitativa (nominal)	0. NA 1. Sub-região Minho-Lima 2. Sub-região Cávado 3. Sub-região Ave 4. Sub-região Grande Porto 5. Sub-região Tâmega 6. Sub-região Entre Douro e Vouga 7. Sub-região Douro 8. Sub-região Alto Trás-os-Montes 9. Sub-região Baixo Vouga 10. Sub-região Baixo Mondego 11. Sub-região Pinhal Litoral 12. Sub-região Pinhal Interior Norte 13. Sub-região Pinhal Interior Sul 14. Sub-região Dão-Lafões	15. Sub-região Serra da Estrela 16. Sub-região Beira Interior Norte 17. Sub-região Beira Interior Sul 18. Sub-região Cova da Beira 19. Sub-região Oeste 20. Sub-região Grande Lisboa 21. Sub-região Península de Setúbal 22. Sub-região Médio Tejo 23. Sub-região Lezíria do Tejo 24. Sub-região Alentejo Litoral 25. Sub-região Alto Alentejo 26. Sub-região Alentejo Central 27. Sub-região Baixo Alentejo 28. Sub-região Algarve 29. Açores 30. Madeira 31. NR

**Tabela 78. Variáveis a operacionalizar (7/7)**

<i>Variável em análise</i>	<i>Definição da variável</i>	<i>Variável Original/ Derivada</i>	<i>Tipo de Variável (Escala de medida)</i>	<i>Categoria da variável</i>	
<i>Período de restrições</i>	N.º de dias de restrição indicados ao doente	Derivada (categórica da variável n.º de dias de restrição)	Quantitativa (ordinal)	1. s/restrições 2. 1 3. 4	
<i>Rendimento familiar</i>	Somatório do rendimento individual dos moradores do mesmo domicílio	Original	Quantitativa (ordinal)	1. [0-505] 2. ]505-1000] 3. ]1000-1500] 4. ]1500-2000] 5. ]2000-2500]	
<i>Sexo</i>	Sexo biológico	Original	Qualitativa (nominal)	1. Homem 2. Mulher	
<i>Tempo deslocação previsível</i>	Tempo viagem, na deslocação para casa	Original	Quantitativa (ordinal)	1. <15 2. [15-30[ 3. [30-60[	4. [60-90[ 5. [90-120] 6. >120
<i>Terapêutica do doente</i>	Tipo de terapêutica realizada pelo doente, em função da sua patologia	Original	Qualitativa (nominal)	1. CDT 2. Hipertireoidismo	
<i>Viagem para casa</i>	O doente vai acompanhado	Original	Quantitativa (nominal)	1. Sim 2. Não	